Laboratoire d'informatique de Paris Nord

LIPN

Rapport d'activité 2017-2022 et projet 2023-2028

Équipe CALIN : Combinatoire, ALgorithmique et INteractions

cnrs

UNIVERSITÉ SORBONNE PARIS NORD

Couverture : © Olivier Bodini, « Twitter 7 mars », mars 2023.

Partie I — **Le LIPN** — **page 5**

The LIPN at a glance — 7

- Scientific activities
- Environment
- Doctoral studies

Partie II — **Equipe CALIN** — **page 13**

Informations générales sur l'équipe CALIN — 15

- Membres de l'équipe CALIN
- Les thématiques scientifiques et leurs enjeux
- Profil d'activités liées à la recherche
- Prise en compte des recommandations du précédent rapport

Introduction du portfolio — 29

Auto-évaluation de l'équipe CALIN — 33

- Domaine 2. Attractivité
- Domaine 3. Production scientifique
- Domaine 4. Inscription des activités de recherche dans la société

Trajectoire de l'équipe CALIN — 57

- Atouts, faiblesses, opportunités, menaces
- Positionnement par rapport au projet proposé en 2017
- Projet

Partie III — **Acronymes** — **page 65**

Partie I
Le LIPN

Chapitre 1
The LIPN at a glance

The LIPN (Laboratoire d'Informatique de Paris-Nord) was created in 1985, has been associated with CNRS since January 1992, before becoming a CNRS UMR in January 2001. The LIPN is the computer science laboratory of University Sorbonne Paris Nord (USPN) which is part of the Alliance Sorbonne-Paris-Cité ASPC.

The laboratory comprises 5 teams with more than 70 permanent staff (full-time researchers, professors and associate professors or research engineers), 9 technical and administrative staff, as well as PhD students and postdocs. It has overall more than 150 members most of the time. After having experienced impressive growth during the last two five-year contracts, the number of teacher-researchers at LIPN has decreased, weakening some of its areas of expertise.

The scientific activities display many collaborations, be they national, international, or through research projects, in particular with the industry. LIPN members are extremely involved on the national scene, in national boards (at CNRS, CNU — national universities council, HCERES, etc.), and in institutional cooperation projects (ANR). On the international scene, members are widely present in editorial boards, programme committees, expert pools of different countries, international schools, and conduct collaborative research with colleagues worldwide.

The LIPN at a glance

1.1 Scientific activities

The laboratory is structured into 5 teams and a transverse axis, focussing on the following main areas.

- **A³ (Apprentissage Artificiel et Applications): Machine Learning and Applications**

The A³ team tackles machine learning problems and covers a wide spectrum of issues, ranging from supervised and unsupervised learning to reinforcement learning. Its research is fed, coordinated and evaluated thanks to various applications in the field of pattern recognition and data mining. Research in A³ focuses on the following main topics: algebraic and logical models of learning, collaborative and transfer learning, cluster analysis, dimensionality reduction, link prediction in social networks, recommender systems, and learning structures from complex data.

- **AOC (Algorithmes et Optimisation Combinatoire): Algorithms and Combinatorial Optimisation**

The AOC team develops research in optimisation on graphs, mathematical programming, parallel and distributed computing. Optimisation on graphs is conducted with a particular focus on complexity, polyedral theory and approximation. The team has expertise in design and analysis of mathematical programming approaches and algorithms, and develops both exact and heuristic approaches for solving linear and nonlinear problems. Many distributed environments issues are also considered: distributed middleware and architectures, distributed programming and distributed algorithms.

- **CALIN (Combinatoire, ALgorithmique et INteractions): Combinatorics, ALgorithmics, and INteractions**

The CALIN team brings together researchers with skills in a variety of aspects of combinatorics (analytic, bijective, geometric, and algebraic). They are interested in the complexity of algorithms and in the fine-grained analysis of data structures. They also study problems of physics with a distinct combinatorial flavour, or apply methods from physics to combinatorial problems. The team is organised into two intersecting subgroups that reflect these interests: one of them focuses on the analysis of algorithms and combinatorial structures, and the other is devoted to the interactions between combinatorics and physics. Geometry, both as a tool and a subject of study is transversal to these two subgroups.

- **LoVe (Logique et Vérification : Logic and Verification**

The LoVe team tackles different aspects of computational and software models, from theory to applications. It is organised into two subgroups. The logic, programming and complexity group studies the relationship between logic and programming languages, especially for what concerns denotational semantics of programs and proofs, under the Curry-Howard correspondence. It has a special expertise in the quantitative aspects of programming, including the links with computational complexity. It also hosts experts in formal proofs. The verification group develops model checking approaches for concurrent systems, in particular in a parametric, distributed and timed setting. The research spans from fundamental aspects to application domains, including an open verification platform software development.

- **RCLN (Représentation des Connaissances et Langage Naturel): Knowledge Representation and Natural Language**

The RCLN team carries out innovative work for the analysis and exploration of text corpora as well as for the acquisition of knowledge from texts or knowledge graphs. The team is particularly active in problems that are little studied in language, such as the treatment of under-endowed or specialised languages, and is working on approaches to deal with the complexity of problems in texts or knowledge graphs, such as syntactic analysis, information extraction, or graph completion using methods from deep learning, combinatorial optimisation, data mining or inductive logic programming.

- **The transverse axis Complexités: Complexities**

The *Complexities* research axis spreads across the whole laboratory and brings together all those people whose work is related, directly or indirectly, with computational complexity. It is primarily composed of members of the LoVe, CALIN and AOC teams, but its themes potentially intersect also with the other two teams of LIPN. The activities of the axis are centered around a weekly seminar.

1.2 Environment

The LIPN has many research cooperations with its environment: other laboratories at University Sorbonne Paris Nord, but also in the Alliance Sorbonne-Paris-Cité (ASPC), with industry, *etc.*

- **MathSTIC research federation, and University Sorbonne Paris laboratories**

Research collaborations with other laboratories of University Sorbonne Paris Nord have been favoured over the years, in particular with LAGA (UMR 7539, mathematics laboratory), L2TI (UR3043, signal and image processing laboratory).

This led to the creation of a new research federation in Mathematics and Information Technology MathSTIC, which became a CNRS Research Federation – FR 3734 – in January 2016), gathering members of LAGA, LIPN, and L2TI laboratories, in order to enhance cross-fertilisation in four of their major areas of expertise:

— Optimisation and learning applied to digital contents;
— High-performance computing, distributed systems;
— Mathematical physics, statistical physics, combinatorics;
— Categories: between calculation and topology.

- **Regional setting: DIM RFSI and EFL LabEx**

All LIPN teams strongly collaborate with other groups in the Île-de-France region. Furthermore, LIPN has been heading the regional initiative in computer science, DIM RFSI, which fostered regional collaborative projects between different laboratories and companies in computer science or application domains. It also allowed for setting up a large regional cluster infrastructure for HPC and deep learning.

The team RCLN at LIPN is a major actor in the EFL LabEx (Empirical Foundations of Linguistics). Its multidisciplinarity nature is a key to evolution of research topics at the meeting point of linguistics and computer science.

- **International cooperations**

Members of the laboratory have many collaborations worldwide, with exchanges of researchers. Moreover, approximately 15 foreign researchers are invited for a period of two to fours weeks at our laboratory each year to carry collaborative research. Cooperation projects involve laboratories in Denmark, Netherlands, Norway, Poland, Italy,

Tunisia, Marocco, Canada, United States, Argentina, Brazil, Chile, Mexico, Uruguay, Singapore, Taïwan, Vietnam, Australia.

- **Industrial collaborations**

Most research areas of the LIPN also participate in collaborations with the industry, mainly through research projects (ANR, FUI, industrial collaborations) and CIFRE PhDs. The LIPN is involved in a joint laboratory (LabCom) on satellite image processing. Furthermore some researchers of the LIPN have also created a start-up company, or benefit from a few months industrial experience. Moreover, the LIPN is involved in different boards of 2 business clusters (pôles de compétitivité) which favour technology transfer and research projects with companies at a regional level.

1.3 Doctoral studies

The doctoral studies are organised within the doctoral school ED146 *Galileo : Science, Technology, Health*, which addresses three major scientific areas, LIPN being part of the first group:

1. mathematics, computer science, signal processing;
2. physics, materials, engineering sciences;
3. health sciences, medicine, human biology, chemistry, ethology.

The doctoral school organises mandatory courses, and allocates scholarships to doctoral students. Every year, approximately five of them are allocated to the LIPN (out of 25 for the whole doctoral school).

- **PhDs and Habilitations**

Over the 2017–2022 period, 62 PhD defences took place. Half of the doctoral students were financed by a scholarship from the doctoral school, and the others through research projects, industry, or international support.

During the same period, 11 habilitations (Habilitations à diriger les Recherches) were delivered.

- **Math & Computer Science Graduate School**

The M&CS Graduate school is an international 5-year high-level curriculum founded for 8 years. It is endorsed by the Galileo Doctoral School and three local masters: Mathematics, Computer Science, Engineering and Innovation in Images and Networks. The LIPN and the two other laboratories of MathSTIC research federation actively participate in this graduate school. The interactions between Mathematics and Computer Science are highlighted in the graduate school to promote interdisciplinarity in teaching and research.

- **Masters courses**

A masters programme in computer science is delivered at University Sorbonne Paris Nord. It currently features two specialities:

— EID^2 (Exploration Informatique des Données et Décisionnel): Machine Learning and Data Science and its international curriculum Data Science;

— PLS (Programmation et Logiciels Sûrs): Programming and Secure Software.

Both specialities lead to either industrial or research careers, depending on the master thesis.

LIPN researchers also deliver courses in other masters programmes of universities in the parisian region.

Furthermore, they are involved in international cooperations for setting up masters programmes in foreign countries, e.g. Madagascar, Vietnam.

- **Summer schools and conferences**

LIPN supports the organisation and participation in thematic schools, by encouraging doctoral students attendance (which is recognised as mandatory courses), talks by members of the laboratory, as well as financial support to the organisation of such events.

In particular, Column Generation School 2018, Mathématiques expérimentales: méthodes et pratiques (MathExp) 2018, Caleidoscope research school 2019, Deep Learning & Data science thematic school every two years, were co-organised by LIPN members. Some of these thematic schools take place in University Sorbonne Paris Nord, while others are elsewhere in France or abroad.

Partie II

Equipe CALIN

Overview

In 2010, the LIPN decided to create a combinatorics team in an effort to bring together people working on various aspects of combinatorics within different communities, including computer scientists, mathematicians, and physicists. This combination of different skills and backgrounds allows to tackle difficult problems arising from each of these communities using an extended set of techniques. This philosophy is reflected in the team's acronym, CALIN, that stands for *Combinatorics, ALgorithmics, and their INteractions*, and is French for a *big hug*.

The research is organized into two interacting sub-groups. One of them focuses on the *theory of algorithms*, and the rigorous *analysis of these algorithms*. This task is conducted by statistically understanding random structures and their asymptotics. This sub-group is primarily interested in the combinatorial structures arising in computer science: words, and their link to algebra; graphs and trees, appearing for instance as search trees, networks, or transition structures in automata; random walks and other dynamics on such graphs; partitions and permutations, to name only a few. Their methods are bijective, probabilistic, or arising from an analytic approach through generating functions and singularity analysis.

The other sub-group is interested in the *interface between combinatorics, geometry, and physics*. Many combinatorial problems arise from physics often via geometric models. Among such models, one finds for instance tilings, and decompositions of surfaces (or higher-dimensional manifolds) such as triangulations or cell complexes. The study of these and associated objects conducted by this sub-group from a combinatorial point of view, also has strong links with more classical computer science problems, as for instance the triangulations of topological bordered surfaces that, in their simplest manifestation, give rise to the associahedron, a polytope with physical roots (via string theory), but whose face complex can also be thought of in terms of binary search trees.

Our research is supported by several ANR projects, and is based on a large number of fruitful scientific collaborations, with both French and foreign research groups. The team is involved on a regular basis in the organisation of wide-ranging scientific events, including for instance the GT ALEA and its European counterpart, the *Alea in Europe* network, the conferences LAGOS and AofA, the *Séminaire Lotharingien de Combinatoire*, and two regional seminars that take place at the Institut Henri Poincaré: the *Philippe Flajolet combinatorics seminar* and the *séminaire francilien de géométrie algorithmique et combinatoire*.

Our scientific results are published in journals among the very best in computer science (ACM Transactions on Algorithms, Random Structures and Algorithms, Algorithmica, ...), in mathematics (Journal of the European Mathematical Society, Advances in Mathematics, Journal of Combinatorial Theory A, Annals of Probability, Israel Journal of Mathematics, Journal d'Analyse Mathématique, ...), and in physics (Journal of High Energy Physics, Physical Review D, European Physical Journal C, ...). They are also presented in conferences with the highest international standards as for instance FPSAC.

Besides scientific publications, our team is also involved in the Sage mathematics software thanks to T. Monteil.

Chapitre 1

Informations générales sur l'équipe CALIN

Sommaire

1.1 Membres de l'équipe CALIN 16
1.1.1 Membres permanents 16
1.1.2 Membres associés 17
1.1.3 Doctorants au 1er janvier 2023 17
1.1.4 Postdoctorants au 1er janvier 2023 17
1.1.5 Autres personnels temporaires du 01/01/2017 au 31/12/2022 18
1.1.6 Évolution de l'équipe (permanents) 18
1.2 Les thématiques scientifiques et leurs enjeux 18
1.2.1 Axe analyse d'algorithmes et de structures combinatoires 19
1.2.2 Axe interactions entre combinatoire, physique et géométrie 22
1.2.3 Collaborations avec d'autres équipes du LIPN 24
1.3 Profil d'activités liées à la recherche 26
1.4 Prise en compte des recommandations du précédent rapport . . . 26

Nom de l'équipe : Combinatoire, Algorithmique et Interactions (CALIN)

Responsable de l'équipe : Lionel Pournin

1.1 Membres de l'équipe CALIN

Informations générales sur l'équipe CALIN

Effectifs au 1er janvier de chaque année.

Corps	2017	2018	2019	2020	2021	2022
DR	0	0	0	0	0	0
CR	4	4	4	4	4	4
PU	3	3	3	3	3	4
MCF	6	6	5	6	6	6
Post-docs et ATER	3			5	3	
Doctorants	5	6	9	7	9	7
Total	*21*	*19*	*21*	*25*	*25*	*21*

1.1.1 Membres permanents

(membres ou, *en italique, anciens membres*, et, **en gras, responsable de l'équipe** au 31/12/2022)

	Nom	*Prénom*	*Situation*	*Institution*
	Bacher	Axel	MCF	IUTV
	Banderier	Cyril	CR section 6	CNRS
	Bassino	Frédérique	PU	IUTV
	Ben Geloun	Joseph	MCF	IG
	Bodini	Olivier	PU	IG
	Bonzom	Valentin	MCF	IUTSD
	David	Julien	MCF	IG
	Duchamp	Gérard	PU émérite	IG
	Fernique	Thomas	CR section 6	CNRS
	Monteil	Thierry	CR section 41	CNRS
	Mustafa	Nabil	PU	IG
	Poinsot	*Laurent*	*MCF*	*IG*
	Pournin	**Lionel**	**PU**	**IG**
	Sportiello	Andrea	CR section 6	CNRS

Tollu	Christophe	MCF	IG
Valencia-Pabon	*Mario*	*MCF*	*IG*

1.1.2 Membres associés

Nom	*Prénom*	*Situation*	*Institution*
Akhavi	Ali	MCF	Université de Caen
Hoang Ngoc Minh	Vincel	PU	Université de Lille

1.1.3 Doctorants au 1er janvier 2023

Nom	*Prénom*	*Situation*	*Institution*
Buffière	Théophile	CD	USPN MathSTIC
Chinaud-Chaux	Clémence	CD	80Prime
Louvet	Alexandre	CD	ANR ADDS
Matrosova	Kristina	CD	ANR Records
Nguyen Dinh	Vu	CD	USPN
Pchelina	Daria	CDSN	Ens Paris 13
Porrier	Carole	Allocataire	UQAM (Canada)

1.1.4 Postdoctorants au 1er janvier 2023

Nom	*Prénom*	*Situation*
Nurligareev	Khaydar	ATER USPN
Pépin	Martin	Post-doctorant ANR LambdaComb
Singh	Alexandros	ATER USPN

1.1.5 Autres personnels temporaires du 01/01/2017 au 31/12/2022

Nom	*Prénom*	*Situation*	*Début*	*Fin*	*Financement*
Bean	Christian	post-doctorant	01/12/2019	31/07/2020	FR MathSTIC
Courtiel	Julien	post-doctorant	01/09/2016	31/08/2017	ANR MetaConc
De Mourgues	Quentin	doctorant	01/10/2013	05/12/2017	ENS Paris
Dovgal	Serguey	doctorant	01/10/2016	30/09/2019	ANR MetaConc
		ATER	01/10/2019	31/08/2020	USPN
Dub	Nicolas	doctorant	01/12/2016	28/06/2021	USPN
Galanov	Ilya	doctorant	01/11/2016	17/12/2019	USPN
		ATER	18/12/2019	31/08/2021	USPN
Lutfalla	Victor	doctorant	01/10/2018	31/08/2021	ENS Lyon
Naima	Medhi	doctorant	01/10/2017	18/12/2020	USPN
		ATER	19/12/2020	31/08/2021	USPN
Nurligareev	Khaydar	doctorant	01/10/2018	20/10/2022	USPN
Pardal	Nina	doctorante	20/12/2018	30/03/2020	Univ. Buenos Aires
Rakotoarimalala	Tsinjo Tony	doctorant	01/10/2015	08/07/2019	USPN
		ATER	09/07/2019	31/08/2020	USPN
Rakotonarivo	Rado	doctorant	01/11/2016	18/09/2019	USPN
		ATER	19/109/2019	31/08/2021	USPN
Singh	Alexandros	doctorant	01/10/2019	15/11/2022	USPN
Ugolnikova	Alexandra	Post-doctorante	01/01/2017	31/03/2017	ANR QuasiCool
Wallner	Michaël	Post-doctorant	01/09/2017	31/12/2017	FR MathSTIC

Informations générales sur l'équipe CALIN

1.1.6 Évolution de l'équipe (permanents)

Créée en mai 2010, l'équipe CALIN (Combinatoire, ALgorithmique et INteractions), réunit les combinatoristes auparavant répartis entre deux équipes du LIPN. Il s'agit de la concrétisation d'un projet scientifique autour de la combinatoire sous toutes ses formes, de ses applications à l'analyse d'algorithmes et de structures de données et de ses interactions avec la physique.

Après avoir connu un fort renouvellement dans la période précédente, l'équipe s'est stabilisée. Depuis 2017, il y a eu le recrutement d'un PU et le départ en mutation d'un MCF. Le nouvelles mobilités prévues (promotion, mutation et disponibilité, possible recrutement) devraient faire sensiblement évoluer le profil de l'équipe.

Il est à noter que Laurent Poinsot est en détachement à l'école de l'Armée de l'Air depuis 2014 et Julien David est en échange de service avec Ali Akhavi (Université de Caen) depuis 2021.

Départs

- **2018** J. David, MCF IG (en disponibilité chez Qwant)
- **2022** M. Valencia Pabon, MCF IG (mutation à l'Université de Lorraine)

Arrivées

- **2019** J. David, MCF IG (retour de chez Qwant)
- **2021** N. Mustafa, PU IG (Professeur à l'ESIEE)

1.2 Les thématiques scientifiques et leurs enjeux

Le LIPN a créé en mai 2010 une équipe dédiée à la combinatoire, baptisée CALIN (Combinatoire, ALgorithmique et INteractions), réunissant les combinatoriciens auparavant répartis entre deux autres équipes. Cette équipe réunit des chercheurs ayant des compétences dans les divers domaines de la combinatoire (analytique, bijective, géométrique et algébrique) avec un intérêt pour la complexité des algorithmes dont ils cherchent à déterminer le comportement en moyenne ou au pire, ainsi que pour la physique dont ils utilisent des méthodes ou étudient certains problèmes.

Les recherches de l'équipe s'organisent autour de deux axes : l'un abordant l'analyse d'algorithmes et de structures combinatoires, l'autre tourné vers les interactions entre

combinatoire, géométrie et physique. Une journée hebdomadaire de séminaires largement suivie favorise les discussions scientifiques entre membres de léquipe. Nos activités s'inscrivent dans le cadre de multiples collaborations qui jouent un rôle essentiel au niveau local avec la fédération de recherche MathSTIC (CNRS FR 3734), et l'organisation de deux séminaires régionaux (le séminaire de combinatoire Philippe Flajolet et le séminaire Francilien de Géométrie Algorithmique et Combinatoire), au sein des GT Aléa et CombAlg du GDR Informatique Mathématique (au niveau national), de la communauté du Séminaire Lotharingien de Combinatoire (au niveau européen), des communautés Analysis of Algorithms et FPSAC (au niveau international).

Nos résultats ont fait l'objet de nombreuses publications, dont une partie significative d'articles longs dépassant les 40 pages, dans les meilleures revues de *combinatoire* (Journal of Combinatorial Theory A, Combinatorial Theory, European Journal of Combinatorics, Combinatorics Probability and Computing), d'*algorithmique* (ACM Transactions on Algorithms, Random Structures and Algorithms, Algorithmica), de *physique* (Journal of High Energy Physics, Physical Review D, European Physical Journal C), de *mathématiques généralistes* (Journal of the European Mathematical Society, Advances in Mathematics, Israel Journal of Mathematics, Proceedings of the American Mathematical Society) ou *spécialisées* (Annals of Probability, Journal d'Analyse Mathématique, Discrete & Computational Geometry), ainsi que de communications dans la *meilleure conférence internationale* du domaine (FPSAC).

1.2.1 Axe analyse d'algorithmes et de structures combinatoires

Nous cherchons à étudier de manière fine des structures combinatoires fondamentales de l'informatique (mots, automates, marches, permutations, arbres, graphes) ainsi que les algorithmes opérant sur ces structures. Une partie des méthodes que nous utilisons sont bijectives, probabilistes ou issues de la combinatoire analytique. Ce dernier domaine, dont le développement doit beaucoup à Philippe Flajolet [25], recourt à des techniques d'analyse complexe. Nous étudions aussi la complexité d'algorithmes géométriques (comme l'algorithme du simplexe) ou dont l'analyse s'appuie sur des techniques et des objets géométriques ou topologiques (rééquilibrage d'arbres par des opérations de rotation).

• Génération aléatoire

La génération aléatoire joue un rôle important dans les domaines manipulant d'énormes volumes de données. Elle permet de comparer des modèles, d'évaluer leur adéquation avec les données réelles, mais aussi de tester des programmes.

Les générateurs de Boltzmann [18] sont une méthode simple et automatisable d'engendrer des structures combinatoires, dès lors que l'on peut calculer la série génératrice de ces structures. En développer des versions multivariées fait partie des principaux défis. Ainsi nous avons conçu [RI-98] et implémenté [LO-1] une solution efficace au problème difficile du calibrage des générateurs de Boltzmann multivariés. Cela permet, par exemple, la génération aléatoire rapide de λ-termes de grande taille, ouvrant ainsi la porte à des études empiriques de paramètres non-triviaux.

Les générateurs de Boltzmann, s'ils sont extrêmement efficaces pour la génération aléatoire approchée, ont (dans la plupart des cas) une complexité d'ordre $n^{\frac{3}{2}}$ ou n^2, là où la borne inférieure de Shannon ne serait que linéaire. Dans ce contexte, des algorithmes efficaces voire optimaux en nombre de *bits aléatoires* ont été développés. Nous [**RI-22**] avons ainsi optimisé, en gagnant un facteur $\log n$, la génération aléatoire de permutations. Leur algorithme `MergeShuffle`[1] est actuellement le plus rapide pour engendrer uniformément des permutations aléatoires [CO-10]. En lien avec des applications en

1. https://github.com/axel-bacher/mergeshuffle

Figure 1.1: Des λ-termes aléatoires de grande taille ($n \approx 500$ à gauche et $n \approx 10000$ à droite)

théorie des systèmes concurrents, où les contraintes d'ordre du poset capturent naturellement les contraintes d'évolution temporelle, nous [CI-4] avons également étudié la génération aléatoire d'extensions linéaires de posets série-parallèle, et notamment leur coût en termes de bits aléatoires requis.

Nous [**RI-51**, CO-9, **CI-26**] avons aussi développé une nouvelle méthode de génération aléatoire, *la méthode des densités*, qui repose sur un plongement dans le continu de structures discrètes, aboutissant alors à des récurrences multivariées encodant des volumes de polytopes. Cette méthode permet d'engendrer aléatoirement des permutations contraintes et diverses familles de posets et d'obtenir des formules efficaces (de coût polynomial) pour calculer différentes structures qui n'avaient jusqu'ici que des énumérations de coût exponentiel. Ces formules font intervenir des récurrences d'un nouveau type : $p_{n+1}(x) = \int_{y \in P_n} Q(x,y) p_n(y) dy$, et des intégrales multiples sur des polytopes P_n. L'énumération est alors donnée par la suite $a_n = n! \int_0^1 p_n(x) dx$.

3	5	8	9	11	13	14	15
2	10	4	7	1	16	6	12

Figure 1.2: Combien y a-t-il de telles structures de taille $2 \times n$ (les étiquettes sont croissantes par lignes et par colonnes, sauf éventuellement de part et d'autre d'un mur rouge). La méthode des densités permet la génération et le dénombrement de tels posets.

Notons pour finir que certaines de nos méthodes de générations aléatoires ont été utilisées pour engendrer des œuvres artistiques (voir la Section 3.3.1).

- **Analyse de structures combinatoires contraintes**

L'analyse de structures combinatoires simples vérifiant certaines contraintes, telles que vivre dans un réseau sous-jacent donné d'un certain réseau ou éviter certains motifs est une question naturelle en combinatoire. Ces structures contraintes apparaissent en effet dans de nombreuses applications, comme l'analyse d'algorithmes (pour modéliser les entrées ou les exécutions d'un programme), la bio-informatique, la physique théorique, etc.

Les λ-termes jouent un rôle fondamental en programmation fonctionnelle, leur étude statistique est destinée à la vérification de programmes et de compilateurs. La structure combinatoire particulière des λ-termes leur confère des propriétés jusqu'à présent peu rencontrées dans les structures plus classiques ; nous en avons fait une étude approfondie [RI-49]. De plus, des liens forts ont été trouvé entre cartes combinatoires et certains lambda-termes [CI-8] ouvrant la voix à une "géométrie" du λ-calcul. Plus récemment,

nous [4] avons réussi la première étude quantitative sur la dynamique du calcul sur les λ-termes, en bornant la profondeur moyenne de la β-réduction sur les λ-termes linéaires. Cela constitue une avancée majeure pour la compréhension de la dynamique du λ-calcul.

Les permutations *contraintes* à éviter des motifs modélisent des phénomènes biologiques ainsi que divers tris par piles et sont à l'origine de nombreuses études combinatoires et algorithmiques [6, 28, 35], ainsi que, plus récemment, probabilistes. Nous avons ainsi étudié la forme limite des permutations aléatoires uniformes dans des classes ayant une spécification combinatoire finie pour la décomposition par substitution, analogue de la décomposition modulaire des graphes [**RI-38**, **RI-65**, **RI-100**]. Nous nous sommes sont intéressés à leur comportement limite au sens des permutons, *i.e.* des mesures de probabilité sur le carré unitaire ayant des marginales uniformes, qui peuvent être vus comme des diagrammes de permutation normalisés. Le permuton limite est, avec une certaine universalité, le permuton séparable brownien introduit dans [**RI-38**] (voir portfolio 1).

- **Complexité des algorithmes de pivot**

En optimisation linéaire, une des méthodes les plus populaires est l'algorithme du simplexe qui consiste à explorer le graphe d'un polyèdre en utilisant une *règle de pivot*. Les sommets des polyèdres traités en pratique ont des coordonnées rationnelles et à homothétie près, un tel polyèdre est en nombres entiers (c'est-à-dire que les coordonnées de ses sommets sont des entiers). Afin de pouvoir étudier le neuvième problème de Smale (qui demande si l'optimisation linéaire peut être résolue en temps fortement polynomial), nous avons considéré le diamètre maximal $\delta(d,k)$ que peut avoir un polytope en nombre entiers contenu dans l'hypercube $[0,k]^d$ (ainsi le paramètre k quantifie la taille de l'instance traitée, dans l'esprit du problème de Smale). Nous avons obtenu des bornes sur $\delta(d,k)$ [RI-27] et plusieurs résultats sur des questions voisines provenant de la physique théorique et de l'optimisation [RI-58, RI-74, RI-86, RI-113*]. Nous avons aussi établi une borne inférieure asymptotique lorsque k tend vers l'infini et que d est fixé [**RI-57**]. Cette borne inférieure, obtenue en calculant le diamètre maximal $\delta_z(d,k)$ d'un *zonotope* en nombre entiers contenu dans l'hypercube $[0,k]^d$ est conjecturalement exacte [14]. à la suite de ce résultat, nous avons obtenu une formule explicite exacte pour $\delta_z(d,k)$ pour tout d et k, qui donne conjecturalement la valeur de $\delta(d,k)$ [RI-85] (voir portfolio 5). Si cette conjecture est vraie, cela fournit une valeur exacte de la complexité de l'algorithme du simplexe dans le cas le pire si la règle de pivot produit des chemins géodésiques.

- **Complexité et géométrie des graphes**

La complexité de nombreux algorithmes peut être étudiée dans le cadre de la géométrie des graphes (distances, convexité). Différents types de convexité peuvent être étudiées dans les graphes en remplaçant le caractère géodésique des chemins considérés dans la convexité usuelle par une autre propriété. Par exemple, si l'on considère, au lieu de chemins géodésiques, des chemins induits, on obtient la *convexité monophonique* [16] et si on considère uniquement des chemins de longueur 3 [13] on obtient la P_3-*convexité*. Des exemples d'applications des différents types de convexité dans les graphes se trouvent dans [17] et plus récemment dans [RI-24, 33]. Dans [RI-61, RI-71], nous avons obtenu des résultats prometteurs concernant la P_3-convexité des graphes de Kneser et des graphes de Hamming, respectivement. Nous avons aussi étudié les graphes de flips des surfaces topologiques de type fini (en lien avec la géométrie du *mapping class group* de ces surfaces [10]) et des arbres d'élimination du point de vue de la convexité et plus généralement de leurs propriétés métriques, obtenant des bornes sur les diamètre [**RI-2**, **RI-4**, RI-24, RI-25, RI-90, CI-25] et des résultats de complexité algorithmique pour le calcul de distances [12, 33]. Un de nos résultats particulièrement

marquants est la preuve que les triangulations de dimensions 3 introduites par Sleator, Tarjan et Thurston [24] pour modéliser les chemins géodésiques dans le graphe des flips d'un polygone sont *flag* [33]. Nous avons en outre obtenu des résultats sur certains graphes de flips qui modélisent la construction par opérations locales des polytopes en nombres entiers [**RI-59**].

1.2.2 Axe interactions entre combinatoire, physique et géométrie

Informations générales sur l'équipe CALIN

Une thématique de l'axe interactions entre combinatoire, physique et géométrie de l'équipe CALIN est l'étude structurelle et énumérative de variétés discrétisées de dimensions 2, 3 et 4. En dimension 2, on parle de *cartes combinatoires*, un domaine classique de la combinatoire, initié par Tutte et fortement développé ensuite au sein de la communauté informaticienne (notamment par Cori via des décompositions à base de grammaires algébriques) et de la communauté probabiliste (carte brownienne, etc.). Nous étudions aussi les liens avec la géométrie convexe ou avec la combinatoire des polyèdres.

- **Variétés discrétisées de dimension 2**

Un défi de la combinatoire des cartes est la mise en place de structures universelles reliant les propriétés de cartes de genres différents. S'inspirant des travaux en physique théoriques des années 80, Goulden et Jackson [14] ont prouvé que certaines familles de cartes satisfont de remarquables *formules de récurrence sur le nombre de cartes en fonction de la taille et du genre*. Bien que leur travaux aient largement essaimé, leur universalité n'est pas bien comprise. C'est dans cette optique que nous avons étendu leur travaux aux cartes non-orientées dans [**RI-93**, **RI-94**] (voir portfolio 3). Dans [9], nous avons prouvé une conjecture qui supposait qu'une autre structure universelle bien connue, la *récurrence topologique* [20], est satisfaite par la plus large classe de cartes, celles des constellations de Lando–Zvonkin [30]. Notre preprint est paru le même jour que celui d'une autre équipe internationale [11] !

- **Variétés discrétisées de dimensions supérieure**

En dimensions 3 et 4, la topologie et la combinatoire sont notoirement plus difficiles à contrôler [19]. Par exemple, on ne sait pas si le nombre de triangulations de la 3-sphère est exponentiellement borné par le nombre de tétraèdres. Nous avons beaucoup développé la technologie des graphes réguliers aux arêtes proprement coloriées comme une représentation graphique de (pseudo-)variétés triangulées [RI-11, RI-12, 8]. Cette approche a permis des avancées dans un domaine où elles sont rares. Nous avons prouvé dans [7] que les triangulations obtenues par collage de 3-boules qui ont la propriété de maximiser le nombre d'arêtes sont topologiquement des 3-sphères mais possèdent la structure combinatoire d'arbres ! Ce résultat a une portée universelle, puisqu'il tient pour tout choix de 3-boules discrétisées. Nous avons aussi développé une forme de récurrence topologique pour ces triangulations [RI-29, 10].

L'énumération de ces triangulations grâce à des méthodes de combinatoire algébrique [**RI-15**] a permis de mettre à jour une *construction et une interprétation combinatoire des coefficients de Kronecker* [**RI-118**], une question combinatoire de Murnaghan en théorie des représentations, ouverte depuis 1938 [32]. Nous avons même construit des opérateurs dont les noyaux ont pour dimension des valeurs des coefficients de Kronecker (voir portfolio 2).

En 2002, Bollobás et Riordan [5] avaient étendu le polynôme de Tutte, un polynôme défini sur les graphes et satisfaisant de remarquables identités sous les transformations de suppressions et contractions d'arêtes, à un polynôme défini sur des cartes et satisfaisant des identités similaires. Nous avons à notre tour étendu ce polynôme aux

(pseudo-)variétés de dimension 3 [RI-103], ce qui nécessite de prendre en compte plus de paramètres tout en maintenant les identités de suppressions et contractions.

L'équipe est aussi active dans l'expertise auprès de la physique théorique. Elle a fourni des classifications de "graphes de Feynman" indiquant aux physiciens comment ordonner les termes de séries génératrices pour certaines théories quantiques des champs associées aux trous noirs [RI-47, RI-48, RI-91, RI-115]. Associées aux triangulations de dimension 3 et 4, elle a aussi développé des théories quantiques des champs satisfaisant des propriétés profondes et rares comme la liberté asymptotique, suggérant ainsi des *transitions de phase vers de nouvelles géométries* [**RI-36**].

- **Pavages apériodiques et empilements de sphères**

Les empilements de sphères et les pavages apparaissent en physique, en mathématiques, mais aussi dans le cadre de la calculabilité en informatique comme généralisation des mots en dimension supérieure. Nous voulons comprendre comment des contraintes locales structurelles telles que l'imbrication de tuiles d'un pavages ou de sphères dans un empilement se propage par un phénomène de transfert d'information et peut engendrer des structures globales complexes. Une série de conditions pour qu'un pavage apériodique par coupe et projection puisse être engendré de cette façon ont été obtenus, en termes algébriques [**RI-17**, RI-64] ou de calculabilité [**RI-42**]. De premiers résultats sur la dynamique du transfert d'information (auto-assemblage du pavage) ont aussi été trouvés [CI-14, 22].

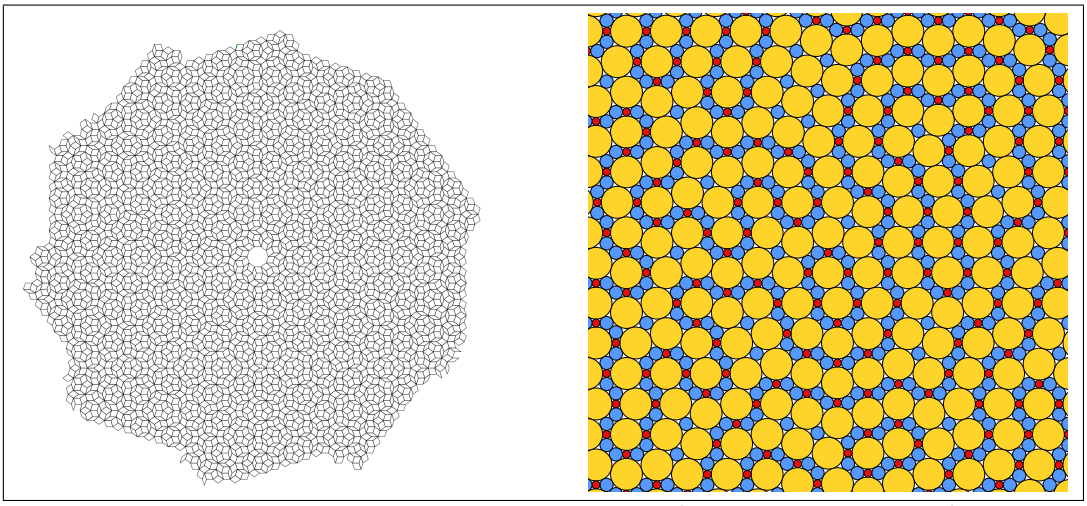


Figure 1.3: Auto-assemblage d'un pavage de Penrose à partir d'une graine (à gauche). Un des nombreux arrangements triangulés permis par trois tailles de disques bien spécifiques (à droite).

Par ailleurs, la recherche d'arrangements de disques apériodiques qui seraient caractérisés par le seul critère de maximisation de la densité, bien que pour l'instant infructueuse, a permis de donner des preuves de densité maximale pour certains arrangements à deux ou trois tailles de disques [RI-99, 23, 24] et de découvrir des candidats prometteurs [RI-72]. Les techniques utilisées, inspirées de celles utilisées par Hales pour démontrer la conjecture de Kepler [15], ont aussi conduit à de nouvelles bornes sur la densité maximale pour un continuum de cas [RI-112*] ou quand des conditions supplémentaires comme la stœchiométrie des différents disques entrent en jeu [**RI-111**].De premiers résultats sur les empilements de sphères bi-disperses et tri-disperses ont aussi été obtenus [RI-73, 21].

- **Combinatoire et géométrie convexe**

Nous étudions également des questions pertinentes à l'interface de la géométrie convexe et de la combinatoire. Vitali Milman a posé au début des années 2000 une question sur l'extrêmalité du volume de l'intersection d'un hypercube avec un hyperplan qui ne passe pas par le centre de l'hypercube [29], dans l'esprit du résultat de Keith Ball pour les hyperplans centraux [3]. Il a aussi conjecturé que ce volume n'est maximal ou minimal que lorsque l'hyperplan est orthogonal à une diagonale ou à une sous-diagonale de l'hypercube. Nous avons prouvé cette conjecture dans le cas où l'hyperplan est suffisamment éloigné du centre de l'hypercube [**RI-104***] et, localement, que cette conjecture revient à trouver le signe d'une certaine somme alternée et pondérée de coefficients binomiaux, faisant le lien entre ce problème de géométrie convexe et des questions classiques mais difficiles de combinatoire [**RI-105***]. Nous avons obtenu, comme conséquences une preuve locale de la conjecture de Milman pour des hyperplans relativement proches du centre de l'hypercube et, en utilisant l'ordinateur, pour des hyperplans arbitraires en dimension suffisamment faible (jusqu'en dimension 300).

- **Combinatoire algébrique**

Toute algèbre associative devient une algèbre de Lie pour le crochet de commutation. Cette relation fonctorielle admet un adjoint à gauche : l'algèbre enveloppante universelle. Une conséquence du théorème de Poincaré–Birkhoff–Witt établit qu'une algèbre de Lie, libre en tant que module sur son anneau de base, se plonge dans son algèbre enveloppante universelle. De façon similaire, une algèbre *différentielle* commutative (A, d) devient une algèbre de Lie différentielle (A, W_d, d) pour le wronskien $W_d(x, y) = xd(y) - d(x)y$. Cette construction est en fait un foncteur algébrique entre modèles de théories de Lawvere, et donc admet également un adjoint à gauche, l'*enveloppe wronskienne*. Dans [31] figure la conjecture de Lawvere selon laquelle toute algèbre de Lie se plonge dans son algèbre wronskienne. Si cette conjecture est vraie pour $\mathfrak{sl}_2(\mathbb{K})$, pour un corps $\mathbb{K}$ de caractéristique zéro, elle est fausse en générale : dans [RI-23] nous avons établi les conditions sous lesquelles une algèbre de Lie se plonge dans son enveloppe wronskienne.

Les algèbres commutatives †-Frobenius sont les monoïdes commutatifs dans la catégorie des espaces hilbertiens pour lesquels l'adjoint de la multiplication satisfait la relation de compatibilité de Frobenius. Ces algèbres, nécessairement de dimension finie (sur le corps des complexes) ont été étudiées en mathématiques et en physique pour leur relation avec les théories quantiques des champs topologiques [2] bidimensionnelles et les invariants de surfaces. Pour disposer de telles algèbres en dimension infinie, il faut nécessairement considérer des algèbres non-unitaires. Dans [RI-83] nous avons caractérisé les conditions sous lesquelles de telles algèbres sont semi-simples (au sens des algèbres de Banach), étendant (et corrigeant) ainsi le résultat principal de [1].

1.2.3 Collaborations avec d'autres équipes du LIPN

Les chercheurs de l'équipe CALIN ont des liens avec ceux des autres équipes, en particulier avec les équipes AOC, LoVe et A³.

La recherche sur les polytopes du point de vue de l'optimisation est un pont naturel avec l'équipe AOC ; L. Pournin (CALIN) a ainsi eté garant de l'HDR de R. Grappe (AOC). En outre, on compte deux co-publications avec des membres l'équipe AOC [CI-16, CI-6]. Sophie Huiberts, classée 1ère sur le concours CR CNRS de la section 6 du CoNRS de 2023, et dont les thématiques de recherches sont à cheval entre les deux équipes renforcerait si elle était affectée au LIPN.

Des chercheurs de l'équipe CALIN participent à l'axe transverse Complexités initié par des membres de l'équipe LoVe, et des chercheurs des deux équipes participent au projet l'ANR LambdaComb (2022-26).

La collaboration avec l'équipe A³ porte sur les tenseurs en dimension 3 : J. Ben Geloun (CALIN), M. Lebbah (A³) et leur doctorant ont conçu *une nouvelle méthode de clustering de données tridimensionelles*, le *Multi-Slice Clustering* [CI-27], qui, de manière remarquable, ne prend en hyperparamètres ni les tailles de clusters, ni leur nombre. Cet algorithme efficace garantit de plus la forte similarité des données dans les clusters et la forte séparation de ces clusters.

Références complémentaires

[1] S. Abramsky and C. Heunen. H^*-algebras and nonunital Frobenius algebras : first steps in infinite-dimensional categorical quantum mechanics. *Clifford Lectures*, 71 :1–24, 2012.

[2] M. F. Atiyah. Topological quantum field theory. *Publications Mathématiques de l'IHÉS*, 68 :175–186, 1988.

[3] K. Ball. Cube slicing in R^n. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 97 :465–473, 1986.

[4] O. Bodini, A. Singh, and N. Zeilberger. Asymptotic distribution of parameters in trivalent maps and linear lambda terms. *arXiv :2106.08291*, 2022.

[5] B. Bollobás and O. Riordan. A polynomial of graphs on surfaces. *Mathematische Annalen*, 323 :81–96, 2002.

[6] M. Bóna. *Combinatorics of permutations*. Chapman-Hall and CRC Press, 2012.

[7] V. Bonzom. Maximizing the number of edges in three-dimensional colored triangulations whose building blocks are balls. *arXiv :1802.06419*, 2019.

[8] V. Bonzom. Tensor models with generalized melonic interactions. *arXiv :1905.01903*, 2019.

[9] V. Bonzom, G. Chapuy, S. Charbonnier, and E. Garcia-Failde. Topological recursion for Orlov–Scherbin tau functions, and constellations with internal faces. *arXiv :2206.14768*, 2022.

[10] V. Bonzom and N. Dub. Blobbed topological recursion for correlation functions in tensor models. *arXiv :2011.09399*, 2020.

[11] B. Bychkov, P. Dunin-Barkowski, M. Kazarian, and S. Shadrin. Symplectic duality for topological recursion. *arXiv :2206.14792*, 2022.

[12] J. Cardinal, L. Pournin, and M. Valencia-Pabon. The rotation distance of brooms. *arXiv :2211.07984*, 2022.

[13] M. Changata and J. Mathew. On triangle path convexity in graphs. *Discrete Mathematics*, 206 :91–95, 1999.

[14] A. Deza, G. Manoussakis, and S. Onn. Primitive zonotopes. *Discrete & Computational Geometry*, 60 :27–39, 2018.

[15] V. Disarlo and H. Parlier. The geometry of flip graphs and mapping class groups. *Transactions of the American Mathematical Society*, 372 :3809–3844, 2019.

[16] M. Dourado, F. Protti, and J. Szwarcfiter. Complexity results related to monophonique convexity. *Discrete Applied Mathematics*, 158 :1268–1274, 2010.

[17] P. Duchet and H. Meyniel. Ensembles convexes dans les graphes I : Théorèmes de Helly et de Radon pour graphes et surfaces. *European Journal of Combinatorics*, 4 :127–132, 1983.

[18] P. Duchon, P. Flajolet, G. Louchard, and G. Schaeffer. Boltzmann samplers for the random generation of combinatorial structures. *Combinatorics, Probability and Computing*, 13(4-5) :577–625, 2004.

[19] N. M. Dunfield and W. P. Thurston. Finite covers of random 3-manifolds. *Inventiones Mathematicae*, 166 :457–521, 2006.

[20] B. Eynard. *Counting Surfaces*, volume 70 of *Progress in Mathematical Physics*. Birkhäuser/Springer, 2016.

[21] T. Fernique. Compact packings of space with three sizes of spheres. *arXiv :1912.02293*, 2019.

[22] T. Fernique and I. Galanov. Purely local growth of a quasicrystal. *arXiv :2201.00789*, 2022.

[23] T. Fernique and D. Pchelina. Compact packings are not always the densest. *arXiv :2104.12458*, 2021.

[24] T. Fernique and D. Pchelina. Density of triangulated ternary disc packings. *arXiv :2211.02905*, 2022.

[25] P. Flajolet and R. Sedgewick. *Analytic Combinatorics*. Cambridge University Press, 2009.

[26] I. P. Goulden and D. M. Jackson. The KP hierarchy, branched covers, and triangulations. *Advances in Mathematics*, 219 :932–951, 2008.

[27] T. C. Hales. A proof of the Kepler conjecture. *Annals of Mathematics*, 162 :1065–1185, 2005.

[28] S. Kitaev. *Patterns in permutations and words*. Springer, 2011.

[29] H. König and A. Koldobsky. Volumes of low-dimensional slabs and sections in the cube. *Advances in Applied Mathematics*, 47 :894–907, 2011.

[30] S. K. Lando and A. K. Zvonkin. *Graphs on Surfaces and Their Applications*, volume 141 of *Encyclopaedia of Mathematical Sciences*. Springer, 2004.

[31] W. Lawvere. Functorial semantics of algebraic theories, (summary of Ph.D. thesis, Columbia). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 50 :869–872, 1963.

[32] F. D. Murnaghan. The analysis of the kronecker product of irreducible representations of the symmetric group. *American Journal of Mathematics*, 60 :761–784, 1938.

[33] L. Pournin and Z. Wang. Strong convexity in flip-graphs. *arXiv :2106.08012*, 2021.

[34] D. Sleator, R. Tarjan, and W. Thurston. Rotation distance, triangulations, and hyperbolic geometry. *Journal of the American Mathematical Society*, 1 :647–681, 1988.

[35] V. Vatter. *Handbook of Enumerative Combinatorics*, chapter Permutation classes. Chapman-Hall and CRC Press, 2015.

1.3 Profil d'activités liées à la recherche

Informations générales sur l'équipe CALIN

Activités (répartir 100 points sur ces 7 items)	
Administration et animation de la recherche : pilotage de la recherche (VP, direction d'institut, DAS, par exemple), participation à des instances d'évaluation (CNU, CoNRS, CSS, Hcéres, par exemple), responsabilité de dispositifs Idex ou Isite, direction de projets (ANR, Horizon Europe, ERC, CPER, PIA, France 2030, par exemple), responsabilités éditoriales dans des revues ou collections nationales et internationales.	25
Aide aux politiques publiques et expertise technique : pouvoirs publics aux niveaux européen, national et régional, entreprises, instances internationales comme FAO, OMS, etc.	0
Contribution à l'adossement d'enseignements innovants à la recherche : EUR, SFRI, etc.	10
Dissémination de la recherche : partage de connaissances avec le grand public, médiation scientifique, interface sciences et société	5
Recherche et encadrement de la recherche.	60
Valorisation, transfert, innovation.	0
Autres activités. (à préciser en une ligne maximum).	0

1.4 Prise en compte des recommandations du précédent rapport

Recommandation : "Le comité recommande de continuer sur la lancée, avec un regard vers les grandes conférences d'informatique fondamentale qui peuvent apporter une visibilité plus rapide sur les résultats et à l'équipe."

Réponse : *Dans les thématiques de l'équipe, les journaux sont significativement mieux valorisés que les conférence et notre objectif est d'avoir une qualité de publication la meilleure possible.*

Recommandation : "Il faut veiller à ce que l'activité de développement d'un paquet de combinatoire dans le logiciel Sage repose sur un nombre adapté de contributeurs."

Réponse : *Au sein du LIPN, un seul membre est administrateur de Sage et fait un travail significatif de formation et de maintien autour du logiciel.*

L'équipe a par ailleurs accueilli 2 postdoctorantss qui ont également contribué à du code libre autour de l'énumération et la génération de structures combinatoires.

Recommandation : "Il est important de susciter d'excellentes candidatures sur les postes de chercheurs (au recrutement et à la mutation) et d'enseignants-chercheurs, en particulier au niveau professeur et directeur de recherche."

Réponse : *L'équipe a chaque année des candidats CNRS (3 au printemps 2023, dont un est premier sur liste complémentaire à l'issue de la phase d'admissibilité). C'est sur un poste ouvert à tout profil qu'une personne a été recrutée pour l'équip CALIN.*

Recommandation : "Tout en poursuivant l'implication dans la recherche de doctorants à l'international, l'équipe aura à explorer une solution locale aux problèmes de recrutement de doctorants via la construction d'un parcours de master adapté : la croissance actuelle des effectifs d'étudiants de premier cycle, tout particulièrement dans les filières scientifiques, va prochainement atteindre le master et il convient d'avoir anticipé ceci plutôt que d'y réagir tardivement."

Réponse : *L'EUR M&CS (École Universitaire de Recherche en math-info, voir section 3.1.2) a démarré en octobre 2020 avec de meilleurs étudiants. Ses effectifs montent en puissance (environ 50% de ses étudiants de M2 continuent en thèse en France, soit 1 doctorant en 2021, 2 en 2022, 3 en 2023) et ses doctorants se répartissent sur toutes les thématiques du LAGA et du LIPN. Pour l'instant, aucun doctorant issu de cette filière n'a encore été recruté dans l'équipe CALIN.*

Recommandation : "L'activité de séminaire doit être poursuivie de façon aussi dynamique que la disponibilité des membres de l'équipe le permet."

Réponse : *Les membres de l'équipe participent au séminaire de façon régulière.*

Recommandation : "Les riches pratiques d'échange entre les différentes thématiques représentées dans l'équipe ne doivent pas être perdues."

Réponse : *Entre 2018 et 2023, cette pratique ne s'est pas perdue (par exemple, plusieurs co-encardements de thèses ont eu lieu depuis entre des membres de l'équipe de culture scientifique relativement différente). Les échanges se sont mêmes amplifiés sur des sujets faisant des ponts entre les différents thèmes de l'équipe, notamment sur des sujets de combinatoire géométrique ou de la géométrie discrète et algorithmique.*

Recommandation : "Le projet actuel est dans une certaine forme de continuité : il faut réfléchir dès maintenant à l'avenir lointain et au renouvellement."

Réponse : *Le projet a évolué avec l'arrivée (2021) d'un PU. Les aspects géométriques sont devenus transverses aux activités de l'équipe. Un recrutement qui renforcerait cette dimension de l'activité de l'équipe est prioritaire.*

Chapitre 2
Introduction du portfolio

Nous présentons ici brièvement les cinq contributions que nous avons retenues pour le portfolio de l'équipe CALIN. Une présentation plus détaillée de chacune de ces contributions se trouve dans le portfolio lui-même, disponible en annexe. Nous avons sélectionné un échantillon de quatre articles et un livre, qui nous semblent mettre en évidence la qualité, la diversité et la cohérence des recherches menées dans l'équipe CALIN. La qualité de ces résultats se traduit notamment par des publications dans des journaux du meilleur niveau international.

1. **Universalité du permuton séparable brownien.** Nous avons étudié d'un point de vue probabiliste des objets bien connus en combinatoire, les classes de permutations. Ils ont exhibé un permuton limite, le *permuton séparable brownien*, qui est la limite des permutations séparables aléatoires uniformes [**RI-38**]. La déformation à un paramètre de ce permuton s'avère être la limite de permutations tirées aléatoirement uniformément dans de nombreuses classes [**RI-65**, **RI-100**].

   Cette ligne de recherche, qui a immédiatement reçu un certain écho dans la communauté scientifique [5], est une illustration des fructueuses recherches menées à l'interface entre combinatoire et probabilités dans l'équipe CALIN et en collaboration avec l'équipe Probabilités et Statistiques du LAGA au sein de la fédération MathSTIC.

2. **Complexité et combinatoire algébrique : une interprétation combinatoire des symboles de Kronecker.** Interpréter combinatoirement les symboles de Kronecker est un problème ouvert depuis 1937 et qui s'est révélé au cœur des recherches en théorie géométrique de la complexité. Cet article [**RI-118**], aboutissement de recherches au long cours [**RI-15** , 1], y parvient via une construction extrêmement habile. Ces recherches à l'interface de l'informatique, des mathématiques et de la physique sont une belle illustration de la richesse des approches interdisciplinaires développées dans l'équipe CALIN.
3. **Cartes et hiérarchie BKP.** Les cartes combinatoires sont des objets topologiques apparaissant en informatique, en physique et en mathématiques. Goulden et Jackson [14] ont montré que l'énumération de ces cartes est liée à un ensemble d'équations aux dérivées partielles, la *hiérarchie KP* qui a conduit à plusieurs résultats remarquables ces dernières années [2, 3, 7].

   Nous avons montré, dans le même esprit, qu'un autre ensemble d'équations aux dérivées partielles, la hiérarchie BKP est liée au cas des cartes *non-orientées* [**RI-94**]. La difficulté majeure de la preuve réside dans un délicat changement de base (irréalisable en toute généralité) dans l'espace des fonctions symétriques, (car connaître le développement des séries sur les polynômes de Schur est) nécessaire pour prouver l'intégrabilité. Ce résultat profond et unificateur de combinatoire algénbrique a de nombreux corollaires telles les preuves d'une conjecture de Féray [4], d'une autre due à Oliveira et Novaes [8] ainsi que des formules de récurrence pour calculer le nombre de cartes non-orientées.

4. **Échantillonage aléatoire : aspects probabilistes, combinatoires et géométriques.**

   La quantité de données traitées par les algorithmes a explosé ces dernières années et afin de préserver leur efficacité, une méthode très utilisée consiste à produire un sous-ensemble de données représentatif auquel appliquer ces algorithmes. Ces méthodes d'approximation sont à l'interface de l'informatique théorique, des mathématiques et des statistiques et se basent sur des outils combinatoires. Le livre "Sampling in combinatorial and geometric set systems" [**LI-2**] publié par l'American Mathematical Society en 2022 fournit un traitement rigoureux de ces méthodes, qui introduit et explique la recherche de la dernière décennie sur un sujet de l'informatique dont la visibilité est devenue exceptionnelle et dont l'importance est fondamentale. Ce livre est à destination des étudiants et des spécialistes en combinatoire, en géométrie algorithmique ou en apprentissage automatique.

   En bref, il s'agit d'une monographie sur un sujet brulant à destination d'un larger public.
5. **Zonotopes et complexité de l'optimisation linéaire.** L'algorithme du simplexe, dont l'objectif est de résoudre les problèmes d'optimisation linéaire, fait partie des algorithmes les plus importants de l'informatique. Dans l'esprit du problème de Steve Smale [9] sur la complexité de ce type d'algorithmes, Deza, Pournin et Sukegawa ont obtenu une expression exacte du nombre de pivots nécessaires pour résoudre un problème d'optimisation linéaire [**RI-57**, RI-85] dans le cas le pire, lorsque la taille en mémoire de l'exécution est bornée. Ce résultat de complexité obtenu par des outils de géométrie, de combinatoire et de théorie des nombres illustre l'apport de méthodes croisées pour attaquer ce grand problème d'informatique théorique.

Références complémentaires

[1] J. Ben Geloun and S. Ramgoolam. Counting tensor model observables and branched covers of the 2-sphere. *Annales de l'Institut Henri Poincaré D*, 1(1) :77–138, 2014.

[2] T. Budzinski and B. Louf. Local limits of uniform triangulations in high genus. *Inventiones mathematicae*, 223 :1–47, 2020.

[3] S. R. Carrell and G. Chapuy. Simple recurrence formulas to count maps on orientable surfaces. *Journal of Combinatorial Theory, Series A*, 133 :58–75, 2015.

[4] V. Féray. On complete functions in Jucys–Murphy elements. *Annals of Combinatorics*, 16 :677–707, 2012.

[5] E. Ghys. *A singular mathematical promenade*. CNRS Editions, 2017. https://perso.ens-lyon.fr/ghys/promenade/.

[6] I. P. Goulden and D. M. Jackson. The KP hierarchy, branched covers, and triangulations. *Advances in Mathematics*, 219 :932–951, 2008.

[7] S. Janson and B. Louf. Unicellular maps vs hyperbolic surfaces in large genus : simple closed curves. *arXiv :2111.11903*, 2021.

[8] L. H. Oliveira and M. Novaes. Immanants of blocks from random matrices in some unitary ensembles. *Journal of Physics A*, 54 :295205, 2021.

[9] S. Smale. Mathematical problems for the next century. *Mathematical Intelligencer*, 20 :7–15, 1998.

Chapitre 3

Auto-évaluation de l'équipe CALIN

Sommaire

3.1 Domaine 2. Attractivité 34

3.1.1 Référence 1. L'équipe est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche 34

3.1.2 Référence 2. L'équipe est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels 36

3.1.3 Référence 3. L'équipe est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs 38

3.2 Domaine 3. Production scientifique 39

3.2.1 Référence 1. La production scientifique de l'équipe satisfait à des critères de qualité. 39

3.2.2 Référence 2. La production scientifique de l'équipe est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels. 41

3.2.3 Publications 42

3.3 Domaine 4. Inscription des activités de recherche dans la société . 54

3.3.1 Référence 1. L'équipe se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique. 54

3.3.2 Référence 3. L'équipe partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société. 55

3.1 Domaine 2. Attractivité

3.1.1 Référence 1. L'équipe est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche

- **Invitations dans des institutions et congrès internationaux**

Les membres de l'équipe CALIN sont fréquemment invités dans dans des institutions académiques ou des congrès internationaux. Parmi ces institutions académiques figurent bien-sûr des universités (en Afrique, en Amérique du Nord et du Sud, en Asie et en Europe), ainsi que des centres de recherche internationaux (Dagstuhl, Fields Institute, ICERM, Oberwolfach, etc).

Voici un tableau résumant ces invitations.

Auto-évaluation de l'équipe CALIN

Institution	Pays	date
African Institute for Mathematical Sciences	Sénégal	février 2017, février 2018 février 2019, février 2020
Fields Institute	Canada	février 2017 novembre 2019
Oberwolfach	Allemagne	avril 2017
Queen Mary University London	Grande Bretagne	mai 2017 juillet 2017
Technische Universität Wien	Autriche	septembre 2017 septembre 2018
Banff International Research Station	Canada	septembre 2017 mars 2019
Academia Sinica	Taïwan	octobre 2017
National Chiao Tung University	Taïwan	octobre 2017
Université de Maribor	Slovénie	avril 2018
Perimeter Institute	Canada	août 2018 février 2019 octobre 2019
Université du Luxembourg	Luxembourg	novembre 2018
Université de Belo Horizonte	Brésil	juin 2019
Alpen–Adria–Universität Klagenfurt	Autriche	juillet–septembre 2019
Yukawa Institute Kyoto	Japon	mars 2019
Université Fédérale de Rio de Janeiro	Brésil	juillet 2019
Université d'Heidelberg	Allemagne	juillet 2019
IMPA	Brésil	juillet 2019
Université du Chili	Chili	novembre 2019
Freie Universität Berlin	Allemagne	janvier 2020
Leibniz-Zentrum für Informatik Dagstuhl	Allemagne	février 2022 février 2023 février 2024
ICERM, Brown University	États-Unis	mars–avril 2023

- **Participation à comités de programme de conférences**

Les membres de l'équipe participent aux comités de programme de conférences du domaine parmi lesquelles on trouve pare exemple les conférences récurrentes LATIN ou LAGOS qui rassemblent des centaines de participants. Voici un tableau récapitulatif des conférences pour lesquelles des membres de l'équipe CALIN ont participé au comité de programme.

Conférence	Lieu	Date
CSR 2017	Kazan, Russie	juin 2017
LAGOS 2017	CIRM, Marseille	septembre 2017
ANALCO 2018	New Orleans, États-Unis	janvier 2018
Applied Mathematics and Random Structures	Birzeït, Palestine	août 2018
LATIN 2020	São Paulo, Brésil	janvier 2021
LAGOS 2021	São Paulo, Brésil	mai 2021
Lattice Paths 2021	CIRM, Marseille	juin 2021
CPM'21	Wrocław, Pologne	juillet 2021
GASCom 2022	Varèse, Italie	juin 2022
CPM'22	Prague, Tchéquie	juin 2022
ICGT 2022	Montpellier, France	juillet 2022
LATIN 2022	Guanajuato, Mexique	octobre 2022
GASCom 2024	Bordeaux, France	juin 2024

- **Organisations de conférences et d'évènements**

L'équipe est également impliquée dans l'organisation de conférences internationales ou d'évènements. Le tableau suivant en donne la liste.

Conférence	Lieu	Date
Combinatoire, Arithmétique, Physique	IHÉS, Bures-sur-Yvette	annuel, 2017–2022
LAGOS 2017	CIRM, Marseille	septembre 2017
Groupe de travail Pytheas Fogg	Marseille	depuis 2018
MathExp 2018	Saint Flour	mai 2018
Applied Math. and Random Structures	Birzeït, Palestine	août 2018
International Science Fair	Addis-Abeba, Éthiopie	décembre 2018
Journée Cartes	LIPN/LAGA	avril 2019
AofA'19	CIRM, Marseille	juin 2019
Lost in Translation Surfaces	Univ. Luxembourg	janvier 2020
Journées Cartes	CIRM, Marseille	janvier 2021
Quantum Gravity in Bordeaux	Univ. Bordeaux	octobre 2019
Lattice Paths 2021	CIRM, Marseille	juin 2021
Structures on Surfaces	CIRM, Marseille	mai 2022
Group Theoretical Methods in Physics	Cotonou, Bénin	reporté en 2024

- **Activités éditoriales**

Le journal international Annales de l'Institut Henri Poincaré D Combinatorics, Physics and their Interactions, publié par l'EMS (European Mathematical Society) a été co-fondé en 2014 par des membres de l'équipe CALIN. Deux membres de l'équipe en sont éditeurs depuis 2014.

Un membre de l'équipe est co-éditrice en chef du journal international de combinatoire Annals of Combinatorics.

- **Participation à des instances de pilotage de la recherche**

L'équipe est investie au niveau du pilotage de la recherche, avec notamment

Administration de la recherche :

- Direction du LIPN depuis 2018.
- Direction (adjointe) de l'ED Galilée (depuis 2018) ;
- Responsabilité du GT ALEA du GDR IM de 2012 à 2018.
- Responsabilité du GDRI AleaNetwork de 2015 à 2018.

Comités d'expertise ou d'évaluation de la recherche : :

- Groupe d'Evaluation des Sciences Informatiques pour le programme de subventions à la découverte (NSERC) (l'équivalent Canadien de l'ANR) de 2019 à 2022.
- Jury de l'Institut Universitaire de France en 2017.
- Jury du CAPES NSI (informatique) depuis 2020.
- Comité HCERES (présidence, en 2019).
- Conseil scientifique du LabEx Milyon depuis 2019.

- **Prix, distinctions**

Les membres de l'équipe ont reçu le *Young Scientist Prize de l'International Union of Pure and Applied Physics 2015-2017*, le *Next Einstein Forum Prize 2015-2017*, le *SageMath Prize 2015-2021* et le *prix Artex des pépinières européennes de création en 2021*.

3.1.2 Référence 2. L'équipe est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels

- **Formations de niveau master**

Auto-évaluation de l'équipe CALIN

Pour attirer des étudiants (aussi bien en master qu'en doctorat) avec une formation théorique solide, la fédération MathSTIC a été à l'initiative d'un ambitieux programme d'École Universitaire de Recherche (EUR) en mathématiques et informatique. Elle a ainsi obtenu en 2020 un financement européen pour cette EUR Math & Computer Sciences Graduate school, ce qui lui permet d'offrir une bourse d'étude à des étudiants (de master 1 et master 2) internationaux sélectionnés au mérite. Ils suivent alors le master de leur choix parmi le panel des formations en maths et/ou en info de l'université. Certains cours et formations propres à l'EUR leurs sont également donnés (en anglais).

Après des difficultés de mise en place en période de pandémie, la formation est passée de 4 M1/M2+1 doctorant en 2020/2021, à 24 M1/M2+3 doctorants en 2022/2023, et devrait continuer à monter en effectif dans les années à venir jusqu'en 2028. Chaque année, la majorité de ces élèves de M2 continuent en thèse au LIPN et au LAGA.

Les étudiants de l'EUR constituent ainsi un vivier local particulièrement intéressant pour l'équipe CALIN toujours en quête de doctorants en informatique ayant un solide bagage en mathématiques (analyse complexe, probabilités, géométrie, topologie, algèbre...).

Dans la dynamique MathSTIC insufflée par les collaborations au sein de la fédération MathSTIC, des membres de l'équipe CALIN et de l'équipe Probabilités et Statistiques du LAGA interviennent depuis 2022 dans deux cours de cette EUR, d'une part via un cours mutualisé de *Combinatoire et Probabilités* (également suivi par des doctorants), et d'autres part via des séances d'initiation à la présentation de résultats scientifiques (latex, lecture d'article, petits séminaires). Lionel Pournin intervient également dans l'EUR via un cours de géométrie algorithmique en première année de master.

- **Formation doctorale**

Les membres de l'équipe CALIN participent de façon très active à la formation par la recherche. Ils interviennent comme enseignants dans le Master de Parisien de Recherche en Informatique, dans le Master 2 de la MISA à Madagascar et dans l'École Universitaire de Recherche (EUR) de l'université Sorbonne Paris Nord. Ils organisent des groupes de travail ciblés pour les doctorants comme le groupe de travail Combinatoire, Informatique et Physique (voir la page du séminaire d'équipe) ou le groupe tilearn. Le séminaire d'équipe, largement suivi est aussi un lieu privilégié d'échanges pour tous les membres de l'équipe et en particulier pour les doctorants et post-doctorants. Les membres de l'équipe CALIN donnent aussi des cours dans des écoles d'été, par exemple dans une école d'été consacrée aux questions combinatoires et algorithmiques en algèbre à Trissur dans le Kérala (Inde) : outre les 200 participants présents, l'ensemble des conférences était retransmis en direct dans tous les collèges du Kérala. Un membre de l'équipe est orateur invité à l'école d'été *Convex and Discrete Geometry summer school* qui aura lieu au centre Erdő de l'institut Alfréd Rényi à Budapest du 28 août au 1er septembre 2023.

Depuis 2017, l'équipe a accueilli, comme post-doctorants, Christian Bean, Julien Courtiel, Martin Pépin et Michael Wallner. L'équipe dispose d'un recrutement de doctorants de grande qualité au niveau international (Russie, Madagascar, Vietnam) ou national (Polytechnique, École Normale Supérieure). Le tableau suivant récapitule les doctorants de l'équipe CALIN depuis 2017.

Nom	Provenance	Date de soutenance
Quentin De Mourgues		décembre 2017
Tsinjo Rakotoarimalala	MISA (Madagascar)	juillet 2019
Sergey Dovgal	Russie	septembre 2019
Ilya Galanov	Russie	décembre 2019
Nina Pardal		mars 2020
Rado Rakotonarivo	MISA (Madagascar)	mars 2020
Matteo D'Achille	University of Milan	octobre 2020
Mehdi Naima	Master informatique	décembre 2020
Nicolas Dub		juin 2021
Victor Lutfalla	ÉNS Lyon	juillet 2021
Khaydar Nurligareev	Russie	octobre 2022
Alexandros Singh		novembre 2022
Clémence Chinaud-Chaix		janvier 2023
Asma Althagafi	King Saud University	en cours
Théophile Buffière	École Polytechnique	en cours
Théo Lenoir	ÉNS Ulm	en cours
Alexandre Louvet		en cours
Kristina Matrossova	Master informatique	en cours
Victor Nador		en cours
Vu Nguyen Dinh	Vietnam	en cours
Daria Pchelina	Russie	en cours
Carole Porrier		en cours

L'équipe de chercheurs et enseignants-chercheurs permanents a légèrement évolué depuis 2017 avec l'arrivée de Nabil Mustafa (en septembre 2021) et le départ de Mario Valencia (en septembre 2022). Valentin Bonzom, un membre de l'équipe très actif en recherche vient d'être promu professeur à l'université Gustave Eiffel à l'automne 2023. Les candidats à une intégration dans l'équipe sont de grande qualité : Nabil Mustafa a été recruté sur un poste ouvert à tous les profils thématiques du laboratoire. En outre, chaque année, des candidats sérieux au concours CR CNRS demandent leur affectation dans l'équipe. Ceci est illustré par la campagne de recrutement du printemps 2023, lors de laquelle 3 candidats CNRS ont demandé une affectation dans l'équipe CALIN, et l'un

d'eux (Florent Koechlin) est arrivé 1er sur liste complémentaire. Lors de cette même campagne, Sophie Huiberts qui a demandé une affectation dans l'équipe AOC mais dont les thèmes de recherche sont proches de ceux de l'équipe CALIN a été classée première.

Depuis 2017, l'équipe a accueilli de nombreux professeurs invités de renom travaillant à l'étranger. Une partie d'entre eux sont venus par le programme de professeurs invités de l'université Paris 13 et d'autres financés directement par le laboratoire ou par des projets ANR. Le tableau suivant récapitule les chercheurs invités dans l'équipe CALIN depuis 2017

Nom	Provenance	Date
Imre Bárány	Budapest, Hongrie	2021
Jérémie Bouttier	Lyon, France	2021
Brešar, Boštjan	Maribor, Slovénie	2017
Jean Cardinal	Bruxelles, Belgique	2020, 2021 et 2022
Michael Drmota	Wien, Autriche	2021
Samantha Fairchild	Leipzig, Allemagne	2021
Florian Girelli	Waterloo, Canada	2018
Amir Hashemi	Ispahan, Iran	2019
Wolfgang Mulzer	Berlin, Allemagne	2022
Gleb Koshevoy	Moscou, Russie	2018
Florian Luca	Johannesburg, Afrique du Sud	2018
Marton Naszodi	Budapest, Hongrie	2022
Alantha Newman	Grenoble, France	2022
Hugo Parlier	Esch-sur-Alzette, Luxembourg	2018 et 2022
Benedikt Stufler	Wien, Autriche	2021
Roland Van der Veen	Groningen, Pays Bas	2019

Auto-évaluation de l'équipe CALIN

Les moyens mis en œuvre par l'équipe et plus largement le laboratoire pour l'accueil de ses chercheurs permanents, de ses doctorants, de ses post-doctorants et de ses invités comprennent l'achat d'ordinateurs portables et de matériels informatique, la mise à disposition de moyens de calcul (cluster MAGI), l'incitation à participer aux écoles thématiques (comme par exemple les journées ALEA qui ont lieu au CIRM chaque année) et aux conférences du domaine.

3.1.3 Référence 3. L'équipe est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs

Les membres de l'équipe CALIN participent à de nombreux projets compétitifs. Le tableau suivant regroupe ces projets depuis 2017.

Type	Nom	Dates
ANR	QuasiCool (ANR-12-JS02-0011)	2013–2018
ANR franco–taïwanaise	MétAConC (ANR-15-CE40-0014)	2015–2020
ANR franco–luxembourgeois	SoS (ANR-17-CE40-0033)	2018–2023
ANR	ADDS (ANR-19-CE48-0005)	2019–2023
ANR	DIMERS (ANR-18-CE40-0033)	2019–2023
ANR	RECORDS (ANR-19-CE38-0013)	2019–2023
80PRIME	ASAP–Assemblage de Supercristaux par Approche Prédictive	2019–2023
PHC franco–belge	Tournesol (42703TD)	2020–2021
MathAmSud	STALGRAPH (MathAmSud 20MATH-09)	2020–2022
ERC	From Geometry to Combinatorics and Back: Escaping the Curse of Dimensionality	2020–2025
ANR	3DMaps (ANR-20-CE48-0018)	2021–2024
ANR	LambdaComb (ANR-21-CE48-0017)	2022–2025

3.2 Domaine 3. Production scientifique

Nous fournissons ci-dessous un tableau de synthèse des publications de l'équipe, organisées par année et par typologie :

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	*Total*
Livres	0	0	0	1	0	1	0	*2*
Chapitres de livre	0	0	0	0	0	0	0	*0*
Revues internationales	22	17	15	13	15	21	19	*122*
Autres revues	0	0	0	0	0	0	0	*0*
Conférences internationales	4	7	2	7	7	4	0	*31*
Autres communications	3	7	1	1	1	2	0	*15*
Total	*29*	*31*	*18*	*22*	*23*	*28*	*19*	*170*

Auto-évaluation de l'équipe CALIN

3.2.1 Référence 1. La production scientifique de l'équipe satisfait à des critères de qualité.

La production scientifique de l'équipe repose sur des fondements théoriques et méthodologiques solides. En témoignent les journaux dans lesquels les résultats obtenus sont publiés, qui comptent parmi les meilleurs de trois champs différents, la combinatoire, les mathématiques et la physique. Certains de ces journaux ont une aura exceptionnelle et des critères de sélection extrêmement difficile comme par exemple *Journal of the European Mathematical Society (JEMS)* dans lequel nous avons publié deux articles depuis 2017 [**RI-65**, **RI-4**] ou *Advances in Mathematics* [**RI-100**]. Parmi les autre journaux prestigieux dans lesquels les membres de l'équipe ont publié on trouve des journaux de mathématiques généralistes comme *Israel Journal of Mathematics* [**RI-2**, **RI-17**, **RI-104***], *Proceedings of the American Mathematical Society* [**RI-57**], *International Mathematics Research Notices* [**RI-94**], *Mathematika* [RI-85] ou *Canadian Mathematical Bulletin* [RI-44], des journaux de mathématiques spécialisés comme *Annals of Probability* [**RI-38**, **RI-51**] ou *Journal d'Analyse Mathématique* [**RI-105***], des journaux de combinatoire comme *Journal of Combinatorial Theory, Series A* [**RI-59**, **RI-111**], *Combinatorial Theory* [**RI-102**], *Combinatorics, Probability and Computing* [RI-98, RI-103], *Journal of Graph Theory* [RI-40], *Random structures and Algorithms* [**RI-101**,

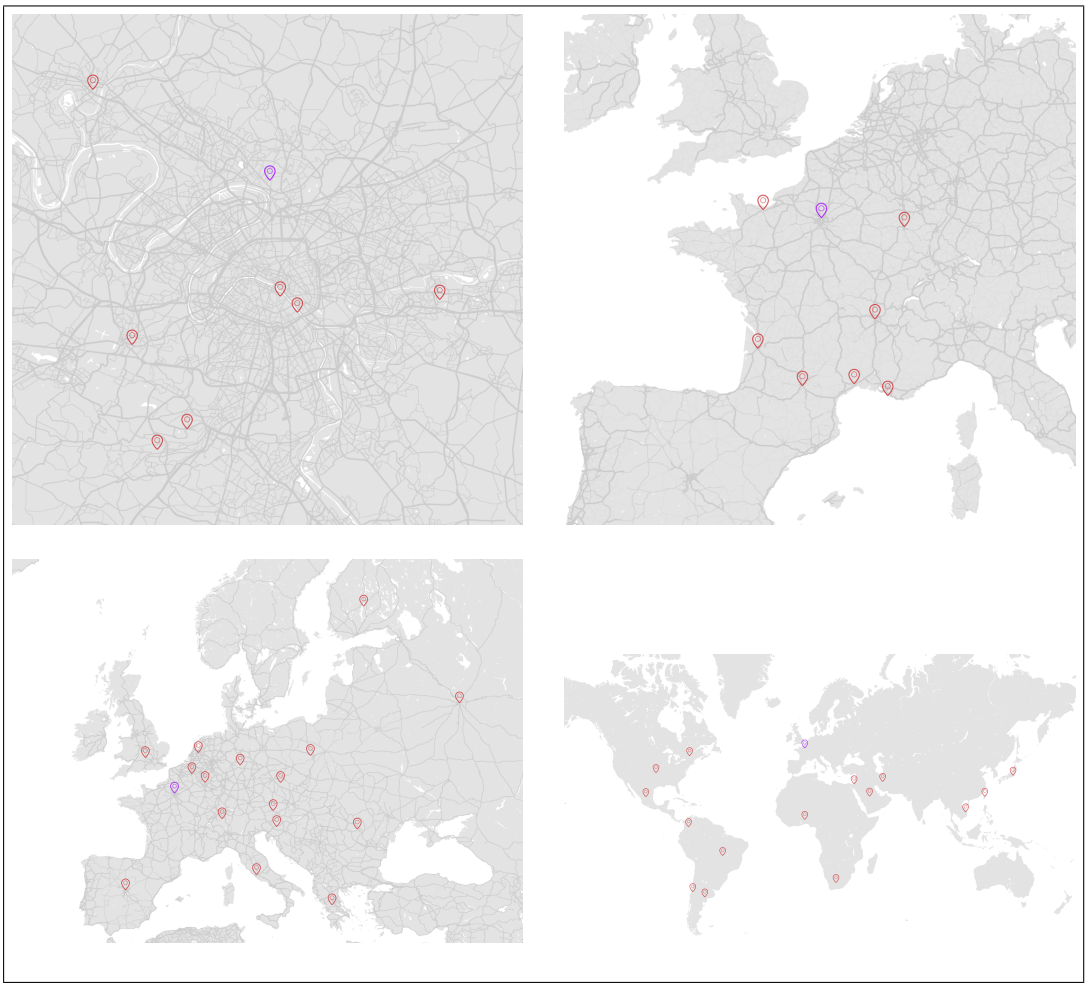


Figure 3.1: Implantation régionale, nationale, européenne et mondiale des co-auteurs de l'équipe CALIN pour les articles publiés entre 2017 et 2022.

RI-96] ou *European Journal of Combinatorics* [RI-1, RI-25] ainsi que des journaux de physique comme *Journal of High Energy Physics* [**RI-15**], *Physical Review D* [**RI-36**] ou *European Physical Journal C* [RI-37].

Ces articles sont co-écrits par les membres de l'équipe CALIN avec de nombreux chercheurs Français et étrangers. Nous collaborons avec des laboratoires d'informatique, de mathématiques et de physique du monde entier dont l'implantation est indiquée sur la figure 3.1.

Le tableau suivant récapitule le nombre de publications co-écrites depuis 2017 avec des laboratoires Français par discipline (les articles co-écrits avec plusieurs laboratoires de disciplines différentes sont comptés plusieurs fois).

Table 3.1 Nombre de co-publications depuis 2017 entre l'équipe CALIN et des laboratoires Français (hors LIPN), par discipline de ces laboratoires.

Pays du laboratoire	Nombre de publications co-écrites
Informatique	36
Mathématiques	13
Physique	4

Le tableau suivant regroupe le nombre d'articles co-écrits depuis 2017 avec des chercheurs travaillant dans des laboratoires de continents différents (les articles co-

écrits avec des chercheurs de continents différents sont comptés plusieurs fois).

Table 3.2 Nombre de co-publications depuis 2017 entre l'équipe CALIN et des laboratoires Européeans (hors France) ou sur d'autres continents.

Localisation du laboratoire	Nombre de publications co-écrites
Afrique	13
Amérique du Nord	17
Amérique du Sud	12
Asie	7
Europe (hors France)	55

L'équipe contribue aussi à l'administration, au maintien et au développement du logiciel de mathématiques *open source* SageMath. Elle contribue au code source de Sage, a développé et maintient la clef USB live officielle de Sage qui permet à toute personne disposant d'un ordinateur d'utiliser le logiciel en évitant les contraintes d'installation, administre le miroir pour la distribution de sage-on-gentoo (au LIPN), le serveur de sauvegarde (à Orsay), le serveur de patchbot (à Strasbourg) et les serveurs asksage et asksage-db (à l'Ohio State University), voir https://wiki.sagemath.org/Infrastructure. En plus de cela, l'équipe assure le support en ligne du logiciel, organise des formations à SageMath dans le cadre d'écoles et de conférences. On pourra se reporter à la page SageMath au LIPN.

3.2.2 Référence 2. La production scientifique de l'équipe est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.

Auto-évaluation de l'équipe CALIN

Avec *122* articles de journaux internationaux, *31* articles de conférences internationales et *deux* livres publiés depuis 2017 pour 15 membres permanents (dont un en détachement, un en échange de service et un en disponibilité) l'équipe montre un excellent dynamisme et sa production scientifique est proportionnée à son potentiel de recherche. Onze de ces articles ont été coécrits par au moins deux membres permanents de l'équipe, deux en collaborations avec des membres d'autres équipes du LIPN, trois avec des membres du laboratoire de mathématiques (LAGA) de l'Université Sorbonne Paris Nord. Tous les membres de permanents de l'équipe ont participé à cette production depuis 2017 (voir références). Le nombre d'articles par permanent et par an (équivalent temps plein, en comptabilisant les enseignants-chercheurs à un taux de 50% et en prenant en compte les dates de départs et arrivées) est de *1.97* pour les articles de journaux et de *0.61* pour les conférences.

Au sujet de l'intégration des non-permanents dans la production scientifique, mentionnons que 21 des articles publiés depuis 2017 ont été co-écrits avec un doctorant ou un post-doctorant dans l'équipe et que quatre de ces articles ont été publiés par un doctorant sans autre membre de l'équipe [RI-87, CI-28, RI-69, RI-84].

L'accompagnement des jeunes chercheurs est l'objet de différentes actions spécifiques de la part de l'équipe (hors accompagnement des doctorants par leurs directeurs de thèse). Le séminaire d'équipe hebdomadaire permet à tous et notamment à nos jeunes chercheurs d'étayer leur culture scientifique et de se mettre au courant des avancées dans nos domaines. Certaines séances de notre séminaire sont du type "groupe de travail".L'équipe met en place au besoin des groupes de travail ciblés thématiquement, nous avons notamment eu un groupe sur les pavages, le groupe tilearn, à destination des doctorants et chercheurs de l'équipe. Nous participons aussi au groupe de travail inter-équipes du LIPN axé sur la théorie de la complexité. Enfin des soutenances de mi-parcours ont été mises en place pour les doctorant afin de détecter les problèmes éventuels au niveau scientifique et au niveau de l'encadrement doctoral. L'activité de

l'équipe sur le plan de la formation à la recherche est décrite de façon plus détaillée dans la section 3.1.2.

Tous les membres de l'équipe sont actifs en recherche, il n'est par conséquent pas nécessaire de mettre en place des actions d'accompagnement des chercheurs qui reprennent une activité recherche. Cependant, si la situation venait à se produire, le séminaire d'équipe et les séminaires thématiques seraient une façon efficace de leur permettre de reprendre une activité de recherche. Nous veillons également à solliciter les différents membres de l'équipe sur les thématiques du moment pour les inciter à travailler dessus.

3.2.3 Publications

Les références
- comportant « * » sont acceptées en 2022 et à paraître.
- indiquées sur fond gris sont les productions phare de chaque catégorie.
- en gras constituent les 20% les meilleures de la production scientifique de chaque catégorie.

Signification des soulignements :
- *simple* : enseignant-chercheur ou chercheur titulaire,
- *double* : doctorant,
- *pointillé* : post-doc, ingénieur ou autre situation.

Articles dans des revues avec comité de lecture et chapitres de livres (ACL)

Articles dans des revues internationales avec comité de lecture sélectif

2023 [RI-122] R. C. Avohou, J. Ben Geloun et M. N. Hounkonnou. Universality for polynomial invariants for ribbon graphs with half-ribbons. *Discrete Applied Mathematics*, 327 :1–17, 2023.

[RI-121*] C. Banderier, M. Kuba et M. Wallner. Phase transitions of composition schemes : Mittag-Leffler and mixed Poisson distributions. *Annals of Applied Probability*, XX :57 pages, 2023.

[RI-120*] N. Behr, G. H. Duchamp et K. A. Penson. Explicit formulae for all higher order exponential lacunary generating functions of Hermite polynomials. *Séminaire Lotharingien de Combinatoire*, XX :29 pages, 2023.

[RI-119*] J. Ben Geloun et S. Ramgoolam. Kronecker coefficients from algebras of bi-partite ribbon graphs. *Noncommutativity and Physics*, ST :13 pages, 2023.

[**RI-118**] J. Ben Geloun et S. Ramgoolam. Quantum mechanics of bipartite ribbon graphs : Integrality, Lattices and Kronecker coefficients. *Algebraic Combinatorics*, 6(2) :547–594, 2023.

[**RI-117**] V. Bonzom, M. Dupuis, F. Girelli et Q. Pan. Local observables in $\mathrm{SU}_q(2)$ lattice gauge theory. *Physical Review D*, 107(2) :026014 (38 pages), 2023.

[**RI-116**] V. Bonzom, M. Dupuis et Q. Pan. Spinor representation of the Hamiltonian constraint in 3D loop quantum gravity with a nonzero cosmological constant. *Physical Review D*, 107(2) :026015 (27 pages), 2023.

[RI-115] V. Bonzom, V. Nador et A. Tanasa. Double scaling limit of multi-matrix models at large D. *Journal of Physics A : Mathematical and Theoretical*, 56(7) :075201 (41 pages), 2023.

[RI-114] V. C. Bui, G. Duchamp, Q. H. Ngo, V. Hoang Ngoc Minh et V. Nguyen Dinh. Towards a Theory of Domains for Harmonic Functions and its Symbolic Counterpart. *Mathematics in Computer Science*, 17 :Article 4 (40 pages), 2023.

[RI-113*] A. Deza et L. Pournin. Sizing the white whale. *Fields Institute Communications*, XX :29 pages, 2023.

[RI-112*] T. Fernique. Density of binary disc packings : lower and upper bounds. *Experimental Mathematics*, XX :12 pages, 2023.

[**RI-111**] T. Fernique. Density of binary disc packings : playing with stoichiometry. *Journal of Combinatorial Theory - Series A*, 194 :105690 (18 pages), 2023.

[RI-110*] J. Kari et V. Lutfalla. Planar Rosa : a family of quasiperiodic substitution discrete plane tilings with 2n-fold rotational symmetry. *Natural Computing*, XX :23 pages, 2023.

[RI-109] J. Kari et V. Lutfalla. Substitution Discrete Plane Tilings with 2n-Fold Rotational Symmetry for Odd n. *Discrete & Computational Geometry*, 69(2) :349–398, 2023.

[RI-108] K. Nurligareev et A. Povolotsky. Watermelons on the half-plane. *Journal of Statistical Mechanics : Theory and Experiment*, 2023(1) :013101 (30 pages), 2023.

[RI-107*] K. A. Penson, K. Gorska, A. Horzela et G. Duchamp. Hausdorff moment problem for combinatorial numbers of Brown and Tutte : exact solution. *Enumerative Combinatorics and Applications*, XX :8 pages, 2023.

[RI-106*] L. Poinsot et H.-E. Porst. The algebra of Feistel-Toffoli construction. *Journal of Algebra and its Applications*, XX :24 pages, 2023.

[**RI-105***] L. Pournin. Local extrema for hypercube sections. *Journal d'Analyse Mathématique*, XX :38 pages, 2023.

[**RI-104***] L. Pournin. Shallow Sections of the Hypercube. *Israel Journal of Mathematics*, XX :20 pages, 2023.

2022 [RI-103] R. C. Avohou, J. Ben Geloun et M. N. Hounkonnou. Extending the Tutte and Bollobás-Riordan polynomials to rank 3 weakly coloured stranded graphs. *Combinatorics, Probability and Computing*, 31(3) :507–549, 2022.

[**RI-102**] F. Bassino, M. Bouvel, M. Drmota, V. Feray, L. Gerin, M. Maazoun et A. Pierrot. Linear-sized independent sets in random cographs and increasing subsequences in separable permutations. *Combinatorial Theory*, 2(3) :15 (35 pages), 2022.

[**RI-101**] F. Bassino, M. Bouvel, V. Féray, L. Gerin, M. Maazoun et A. Pierrot. Random cographs : Brownian graphon limit and asymptotic degree distribution. *Random Structures and Algorithms*, 60(2) :166–200, 2022.

[**RI-100**] F. Bassino, M. Bouvel, V. Féray, L. Gerin, M. Maazoun et A. Pierrot. Scaling limits of permutation classes with a finite specification : a dichotomy. *Advances in Mathematics*, 405 :108513 (84 pages), 2022.

[RI-99] N. Bédaride et T. Fernique. Density of binary disc packings : the nine compact packings. *Discrete & Computational Geometry*, 67 :787–810, 2022.

[RI-98] M. Bendkowski, O. Bodini et S. Dovgal. Tuning as convex optimisation : a polynomial tuner for multi-parametric combinatorial samplers. *Combinatorics, Probability and Computing*, 31(5) :765–811, 2022.

[RI-97] J. Ben Geloun et S. Ramgoolam. All-orders asymptotics of tensor model observables from symmetries of restricted partitions. *Journal of Physics A : Mathematical and Theoretical*, 55(43) :435203 (37 pages), 2022.

[**RI-96**] O. Bodini, A. Genitrini, B. Gittenberger, I. Larcher et M. Naima. Compaction for two models of logarithmic-depth trees : Analysis and experiments. *Random Structures and Algorithms*, 61(1) :31–61, 2022.

[RI-95] O. Bodini, A. Genitrini, C. Mailler et M. Naima. Strict monotonic trees arising from evolutionary processes : Combinatorial and probabilistic study. *Advances in Applied Mathematics*, 133 :102284 (43 pages), 2022.

[**RI-94**] V. Bonzom, G. Chapuy et M. Dołęga. b-monotone Hurwitz numbers : Virasoro constraints, BKP hierarchy, and $O(N)$-BGW integral. *International Mathematical Research Notices*, rnac(177) :59 pages, 2022.

[**RI-93**] V. Bonzom, G. Chapuy et M. Dołęga. Enumeration of non-oriented maps via integrability. *Algebraic Combinatorics*, 5(6) :1363–1390, 2022.

[RI-92] V. Bonzom et E. R. Livine. Self-duality of the $6j$-symbol and Fisher zeros for the Tetrahedron. *Annales de l'Instut Henri Poincaré D : Combinatorics, Physics and their Interactions*, 9(1) :73–118, 2022.

[RI-91] V. Bonzom, V. Nador et A. Tanasa. Double scaling limit for the $O(N)^3$-invariant tensor model. *Journal of Physics A : Mathematical and Theoretical*, 55(13) :135201 (33 pages), 2022.

[RI-90] J. Cardinal, L. Pournin et M. Valencia Pabon. Diameter estimates for graph associahedra. *Annals of Combinatorics*, 26(4) :873–902, 2022.

[RI-89] M. Csikós et N. Mustafa. Optimal approximations made easy. *Information Processing Letters*, 176 :106250 (6 pages), 2022.

[RI-88] C. M. H. de Figueiredo, C. S. R. Patrão, D. Sasaki et M. Valencia Pabon. On total and edge coloring of some Kneser graphs. *Journal of Combinatorial Optimization*, 44 :119–135, 2022.

[RI-87] Q. De Mourgues. A combinatorial approach to Rauzy-type dynamics II : The labelling method and a second proof of the KZB classification theorem. *Discrete and Continuous Dynamical Systems (DCDS)*, 42(7) :3465–3538, 2022.

[RI-86] A. Deza et L. Pournin. A linear optimization oracle for zonotope computation. *Computational Geometry*, 100 :101809 (22 pages), 2022.

[RI-85] A. Deza et L. Pournin. Primitive point packing. *Mathematika*, 68(3) :979–1007, 2022.

[RI-84] K. Nurligareev et I. Reshetnikov. Decompositions of functions defined on finite sets in $\mathbb{R}^d$. *Journal of Knot Theory and its ramifications*, 31(2) :2250011 (16 pages), 2022.

[RI-83] L. Poinsot. Hilbertian Frobenius algebras. *Communications in Algebra*, 50(1) :334–363, 2022.

2021 [RI-82] A. Asinowski, C. Banderier et B. Hackl. Flip-sort and combinatorial aspects of pop-stack sorting. *Discrete Mathematics & Theoretical Computer Science*, 22(2) :Article 4 (39 pages), 2021.

[RI-81] C. Banderier, F. Luca, F. Pappalardi, E. Trevino et C. A. Gòmez Ruiz. On Egyptian fractions of length 3. *Revista de la Union Matematica Argentina*, 62(1) :257–274, 2021.

[RI-80] F. Bassino, C. Nicaud et P. Weil. Statistics of subgroups of the modular group. *International Journal of Algebra and Computation*, 31(8) :1691–1751, 2021.

[RI-79] C. Bean, E. Nadeau et H. Ulfarsson. Enumeration of Permutation Classes and Weighted Labelled Independent Sets. *Discrete Mathematics & Theoretical Computer Science*, 22(2) :2 (38 pages), 2021.

[RI-78] D. Benedetto, E. Caglioti, S. Caracciolo, M. D'Achille, G. Sicuro et A. Sportiello. Random Assignment Problems on 2d Manifolds. *Journal of Statistical Physics*, 183 :Article 34 (40 pages), 2021.

[RI-77] O. Bodini, M. Dien, A. Genitrini et F. Peschanski. Quantitative and Algorithmic aspects of Barrier Synchronization in Concurrency. *Discrete Mathematics & Theoretical Computer Science*, 22(3) :36 pages, 2021.

[RI-76] S. Caracciolo, V. Erba et A. Sportiello. The Number of Optimal Matchings for Euclidean Assignment on the Line. *Journal of Statistical Physics*, 183 :Article 3 (27 pages), 2021.

[RI-75] A. Deza, J.-B. Hiriart-Urruty et L. Pournin. Polytopal balls arising in optimization. *Contributions to Discrete Mathematics*, 16(3) :125–138, 2021.

[RI-74] A. Deza, L. Pournin et R. Rakotonarivo. The vertices of primitive zonotopes. *Contemporary Mathematics : Polytopes and Discrete Geometry*, 764 :71–81, 2021.

[RI-73] T. Fernique. Compact packings of space with two sizes of spheres. *Discrete & Computational Geometry*, 65(4) :1287–1295, 2021.

[RI-72] T. Fernique, A. Hashemi et O. Sizova. Compact packings of the plane with three sizes of discs. *Discrete & Computational Geometry*, 66 :613–635, 2021.

[RI-71] L. N. Grippo, A. Pastine, P. Torres, M. Valencia Pabon et J. C. Vera. On the P_3-hull number of Kneser graphs. *Electronic Journal of Combinatorics*, 28 :P3.32 (9 pages), 2021.

[RI-70] S. Johri, S. Debnath, A. Mocherla, A. Singh, A. Prakash, J. Kim et I. Kerenidis. Nearest centroid classification on a trapped ion quantum computer. *npj Quantum Information*, 7 :122 (11 pages), 2021.

[RI-69] A. Leivaditis, A. Singh, G. Stamoulis, D. M. Thilikos et K. Tsatsanis. Minor obstructions for apex-pseudoforests. *Discrete Mathematics*, 344(10) :112529 (45 pages), 2021.

[RI-68] L. Poinsot et H.-E. Porst. Internal coalgebras in cocomplete categories : Generalizing the Eilenberg-Watts Theorem. *Journal of Algebra and Its Applications*, 20(9) :2150165 (35 pages), 2021.

2020 [RI-67] A. Asinowski, A. Bacher, C. Banderier et B. Gittenberger. Analytic combinatorics of lattice paths with forbidden patterns, the vectorial kernel method, and generating functions for pushdown automata. *Algorithmica*, 82 :386–428, 2020.

[RI-66] R. C. Avohou, J. Ben Geloun et N. DUB. On the counting of $O(N)$ tensor invariants. *Advances in Theoretical and Mathematical Physics*, 24(4) :821–878, 2020.

[**RI-65**] F. Bassino, M. Bouvel, V. Féray, L. Gerin, M. Maazoun et A. Pierrot. Universal limits of substitution-closed permutation classes. *Journal of the European Mathematical Society*, 22(11) :3565–3639, 2020.

[RI-64] N. Bédaride et T. Fernique. Canonical projection tilings defined by patterns. *Geometriae Dedicata*, 208 :157–175, 2020.

[RI-63] O. Bodini, A. Genitrini, B. Gittenberger et S. Wagner. On the number of increasing trees with label repetitions. *Discrete Mathematics*, 343(8) :111722 (12 pages), 2020.

[RI-62] F. Bonomo-Braberman, M. C. Dourado, M. Valencia Pabon et J. C. Vera Lizcano. A note on homomorphisms of Kneser hypergraphs. *Applied Mathematics and Computation*, 366 :124764 (5 pages), 2020.

[RI-61] B. Brešar et M. Valencia Pabon. On the P_3-hull number of Hamming graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 282 :48–52, 2020.

[RI-60] S. Caracciolo, M. D'Achille, V. Erba et A. Sportiello. The Dyck bound in the concave 1-dimensional random assignment model. *Journal of Physics A*, 53(6) :064001 (27 pages), 2020.

[**RI-59**] J. David, L. Pournin et R. Rakotonarivo. Elementary moves on lattice polytopes. *Journal of Combinatorial Theory, Series A*, 172 :105200 (35 pages), 2020.

[RI-58] A. Deza, A. Deza, Z. Guan et L. Pournin. Distance between vertices of lattice polytopes. *Optimization Letters*, 14 :309–326, 2020.

[**RI-57**] A. Deza, L. Pournin et N. Sukegawa. The diameter of lattice zonotopes. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 148(8) :3507–3516, 2020.

[RI-56] A. Leivaditis, A. Singh, G. Stamoulis, D. M. Thilikos, K. Tsatsanis et V. Velona. Minor-obstructions for apex sub-unicyclic graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 284 :538–555, 2020.

[RI-55] L. Poinsot. Hilbertian (function) algebras. *Communications in Algebra*, 48(3) :961–991, 2020.

2019 [RI-54] A. Asinowski, C. Banderier, S. Billey, B. Hackl et S. Linusson. Pop-stack sorting and its image : Permutations with overlapping runs. *Acta Mathematica Univerversitatis Comenianae*, LXXXVIII(3) :395–402, 2019.

[RI-53] C. Banderier, C. Krattenthaler, A. Krinik, D. Kruchinin, V. Kruchinin, D. Nguyen et M. Wallner. Explicit formulas for enumeration of lattice paths : basketball and the kernel method. *Lattice Path Combinatorics and Applications*, volume 58 de *Developments in Mathematics*, pages 78–118. Springer, 2019.

[RI-52] C. Banderier et F. Luca. On the period mod m of polynomially-recursive sequences : a case study. *Journal of Integer Sequences*, 22 :Article 19.5.2 (14 pages), 2019.

[**RI-51**] C. Banderier, P. Marchal et M. Wallner. Periodic Pólya Urns, the Density Method, and Asymptotics of Young Tableaux. *Annals of Probability*, 48(4) :1921–1965, 2019.

[RI-50] C. Banderier et M. Wallner. The kernel method for lattice paths below a line of rational slope. *Lattice Path Combinatorics and Applications*, volume 58 de *Developments in Mathematics*, pages 119–154. Springer, 2019.

[RI-49] M. Bendkowski, O. Bodini et S. Dovgal. Statistical Properties of Lambda Terms. *Electronic Journal of Combinatorics*, 26(4) :P4.1 (70 pages), 2019.

[RI-48] V. Bonzom, V. Nador et A. Tanasa. Diagrammatic proof of the large N melonic dominance in the SYK model. *Letters in Mathematical Physics*, 109(12) :2611–2624, 2019.

[RI-47] V. Bonzom, V. Nador et A. Tanasa. Diagrammatics of the quartic $O(N)^3$-invariant Sachdev-Ye-Kitaev-like tensor model. *Journal of Mathematical Physics*, 69(7) :072302 (25 pages), 2019.

[RI-46] B. Brešar et M. Valencia Pabon. Independence number of products of Kneser graphs. *Discrete Mathematics*, 342 :1017–1027, 2019.

[RI-45] F. Colomo, A. G. Pronko et A. Sportiello. Arctic curve of the free-fermion six-vertex model in an L-shaped domain. *Journal of Statistical Physics*, 174(1) :1–27, 2019.

[RI-44] A. Deza et L. Pournin. Diameter, decomposability, and Minkowski sums of polytopes. *Canadian Mathematical Bulletin*, 62(4) :741–755, 2019.

[RI-43] G. H. Duchamp, V. Hoang Ngoc Minh et Q. H. Ngô. Kleene stars of the plane, polylogarithms and symmetries. *Theoretical Computer Science*, 800 :52–72, 2019.

[**RI-42**] T. Fernique et M. Sablik. Weak colored local rules for planar tilings. *Ergodic Theory and Dynamical Systems*, 39(12) :3322–3346, 2019. 30 pages.

[RI-41] L. Poinsot. Topological rigidity as a monoidal equivalence. *Communications in Algebra*, 47(9) :3457–3480, 2019.

[RI-40] L. Pournin. Eccentricities in the flip-graphs of convex polygons. *Journal of Graph Theory*, 92(2) :111–129, 2019.

2018 [RI-39] L. Alcon, F. Bonomo, G. Duran, M. Gutierrez, M. P. Mazzoleni, B. Ries et M. Valencia Pabon. On the Bend number of circular-arc graphs as edge intersection graphs of paths on a grid. *Discrete Applied Mathematics*, 234 :12–21, 2018.

[**RI-38**] F. Bassino, M. Bouvel, V. Féray, L. Gerin et A. Pierrot. The Brownian limit of separable permutations. *Annals of Probability*, 46(4) :2134–2189, 2018.

[RI-37] J. Ben Geloun, A. Kegeles et A. Pithis. Minimizers of the dynamical Boulatov model. *The European Physical Journal C*, 78 :Article 996 (12 pages), 2018.

[**RI-36**] J. Ben Geloun, T. A. Koslowski, D. Oriti et A. D. Pereira. Functional Renormalization Group analysis of rank 3 tensorial group field theory : The full quartic invariant truncation. *Physical Review D*, 97 :126018 (12 pages), 2018.

[RI-35] J. Ben Geloun et V. Rivasseau. A Renormalizable SYK-type Tensor Field Theory. *Annales de l'Institut Henri Poincaré D : Combinatorics, Physics and Their Interactions*, 19 :3357–3395, 2018.

[RI-34] J. Ben Geloun et R. Toriumi. Renormalizable enhanced tensor field theory : The quartic melonic case. *Journal of Mathematical Physics*, 59(11) :112303 (52 pages), 2018.

[RI-33] O. Bodini, D. Gardy, B. Gittenberger et Z. Gołębiewski. On the Number of Unary-Binary Tree-Like Structures with Restrictions on the Unary Height. *Annals of Combinatorics*, 22 :45–91, 2018.

[RI-32] O. Bodini, B. Gittenberger et Z. Gołębiewski. Enumerating lambda terms by weighted length of their De Bruijn representation. *Discrete Applied Mathematics*, 239 :45–61, 2018.

[RI-31] F. Bonomo, G. Duran, I. Koch et M. Valencia Pabon. On the (k, i)-coloring of cacti and complete graphs. *Ars Combinatoria*, 137 :317–333, 2018.

[RI-30] F. Bonomo, I. Koch, P. Torres et M. Valencia Pabon. k-tuple colorings of the Cartesian product of graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 245 :177–182, 2018.

[RI-29] V. Bonzom et S. Dartois. Blobbed topological recursion for the quartic melonic tensor model. *Journal of Physics A : Mathematical and Theoretical*, 51(32) :325201 (45 pages), 2018.

[RI-28] V. C. Bui, G. H. Duchamp, Q. H. Ngô, V. Hoang Ngoc Minh et C. Tollu. (Pure) transcendence bases in φ-deformed bialgebra. *Séminaire Lotharingien de Combinatoire*, 74 :B74f (22 pages), 2018.

[RI-27] A. Deza et L. Pournin. Improved bounds on the diameter of lattice polytopes. *Acta Mathematica Hungarica*, 154(2) :457–469, 2018.

[RI-26] C. Lavault. Integral representations and asymptotic behaviour of a Mittag-Leffler type function of two variables. *Advances in Operator Theory*, 3(2) :365–373, 2018.

[RI-25] H. Parlier et L. Pournin. Modular flip-graphs of one holed surfaces. *European Journal of Combinatorics*, 67 :158–173, 2018.

[RI-24] H. Parlier et L. Pournin. Once punctured disks, non-convex polygons, and pointihedra. *Annals of Combinatorics*, 22(3) :619–640, 2018.

[RI-23] L. Poinsot. The solution to the embedding problem of a (differential) Lie algebra into its Wronskian envelope. *Communications in Algebra*, 46(4) :1641–1667, 2018.

2017 [**RI-22**] A. Bacher, O. Bodini, H.-K. Hwang et T.-H. Tsai. Generating Random Permutations by Coin-Tossing : Classical Algorithms, New Analysis and Modern Implementation. *ACM Transactions on Algorithms*, 13(2) :Article 24 (43 pages), 2017.

[RI-21] A. Bacher, O. Bodini et A. Jacquot. Efficient random sampling of binary and unary-binary trees via holonomic equations. *Theoretical Computer Science*, 695 :42–53, 2017.

[RI-20] C. Banderier, J.-L. Baril et C. Moreira Dos Santos. Right-jumps and pattern avoiding permutations. *Discrete Mathematics & Theoretical Computer Science*, 18(2) :12 (17 pages), 2017.

[RI-19] C. Banderier et M. Wallner. Lattice paths with catastrophes. *Discrete Mathematics & Theoretical Computer Science*, 19(1) :23 (32 pages), 2017.

[RI-18] F. Bassino, M. Bouvel, A. Pierrot, C. Pivoteau et D. Rossin. An algorithm for computing combinatorial specifications of permutation classes. *Discrete Applied Mathematics*, 224 :16–44, 2017.

[**RI-17**] N. Bédaride et T. Fernique. Weak local rules for planar octagonal tilings. *Israel Journal of Mathematics*, 222 :63–89, 2017.

[RI-16] J. Ben Geloun et F. Caravelli. On an ordering-dependent generalization of Tutte polynomial. *Journal of Statistical Physics*, 168 :1105–1124, 2017.

[**RI-15**] J. Ben Geloun et S. Ramgoolam. Tensor Models, Kronecker coefficients and Permutation Centralizer Algebras. *Journal of High Energy Physics*, 2017 :Article 92 (75 pages), 2017.

[RI-14] O. Bodini, A. Genitrini et N. Rolin. Extended boxed product and application to synchronized trees. *Electronic Notes Discrete Mathematics*, 59 :189–202, 2017.

[RI-13] R. Bondesan, S. Caracciolo et A. Sportiello. Critical behaviour of spanning forests on random planar graphs. *Journal of Physics A : Mathematical and Theoretical*, 50(7) :074003 (51 pages), 2017.

[RI-12] V. Bonzom et L. Lionni. Counting gluings of octahedra. *The Electronic Journal of Combinatorics*, 24(3) :P3.36 (29 pages), 2017.

[RI-11] V. Bonzom, L. Lionni et V. Rivasseau. Colored Triangulations of Arbitrary Dimensions are Stuffed Walsh Maps. *Electronic Journal of Combinatorics*, 24(1) :P1.56 (46 pages), 2017.

[RI-10] V. Bonzom, L. Lionni et A. Tanasa. Diagrammatics of a colored SYK model and of an SYK-like tensor model, leading and next-to-leading orders. *Journal of Mathematical Physics*, 58(5) :052301 (21 pages), 2017.

[RI-9] V. C. Bui, G. H. Duchamp et V. Hoang Ngoc Minh. Structure of Polyzetas and Explicit Representation on Transcendence Bases of Shuffle and Stuffle Algebras. *Journal of Symbolic Computation*, 83 :93–111, 2017.

[RI-8] S. Caracciolo, A. D. Sokal et A. Sportiello. Spanning forests and $OSP(N|2M)$-invariant σ-models. *Journal of Physics A : Mathematical and Theoretical*, 50(11) :114001 (52 pages), 2017.

[RI-7] G. H. Duchamp, J.-Y. Enjalbert, V. Hoang Ngoc Minh et C. Tollu. The mechanics of shuffle products and their siblings. *Discrete Mathematics*, 340 :2286–2300, 2017.

[RI-6] G. H. Duchamp, V. Hoang Ngoc Minh et Q. H. Ngo. Harmonic sums and polylogarithms at non-positive multiple-indices. *Journal of Symbolic Computation*, 83 :166–186, 2017.

[RI-5] G. H. Duchamp, V. Hoang Ngoc Minh, Q. H. Ngo, K. Penson et P. Simonnet. Mathematical renormalization in quantum electrodynamics via noncommutative generating series. *Applications of Computer Algebra*, volume 198 de *Springer Proceedings in Mathematics & Statistics (PROMS)*, pages 59–100, 2017.

[**RI-4**] H. Parlier et L. Pournin. Flip-graph moduli spaces of filling surfaces. *Journal of the European Mathematical Society*, 19(9) :2697–2737, 2017.

[RI-3] L. Poinsot. Lipschitz groups and Lipschitz maps. *International Journal of Group Theory*, 6(1) :9–16, 2017.

[**RI-2**] L. Pournin. The asymptotic diameter of cyclohedra. *Israel Journal of Mathematics*, 219(2) :609–635, 2017.

[RI-1] P. Torres et M. Valencia Pabon. Shifts of the stable Kneser graphs and hom-idempotence. *European Journal of Combinatorics*, 62 :50–57, 2017.

Communications avec actes (ACT)

Communications dans des conférences internationales avec comité de lecture

2022 [CI-31] A. Akhavi, F. Paccaut et B. Vallée. Building Sources of Zero Entropy : Rescaling and Inserting Delays. *The 33rd International Conference on Probabilistic, Combinatorial and Asymptotic Methods for the Analysis of Algorithms (AofA 2022), Philadelphia, PA, United States, June 20-24, 2022*, volume 225 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 1 :1–1 :28, 2022.

[CI-30] O. Bodini, A. Genitrini et M. Naima. A Combinatorial Link Between Labelled Graphs and Increasingly Labelled Schröder Trees. *The 15th Latin American Symposium in Theoretical Informatics (LATIN 2022), Guanajuato, Mexico, November 7-11, 2022*, volume 13568 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 493–509, 2022.

[CI-29] T. Fernique et C. Porrier. A General approach to Ammann bars for aperiodic tilings. *The 15th Latin American Symposium on Theoretical Informatics (LATIN 2022), Guanjuato, Mexico, November 7-11, 2022*, volume 13568 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 574–589, 2022.

[CI-28] D. Pchelina, N. Schabanel, S. Seki et G. Theyssier. Oritatami systems assemble shapes no less complex than tile assembly model (ATAM). *The 39th International Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS 2022), Marseille, France, March 15-18, 2022*, volume 219 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 51 :1–51 :23, 2022.

2021 [CI-27] D. F. Andriantsiory, J. Ben Geloun et M. Lebbah. Multi-Slice Clustering for 3-order Tensor Data. *The 20th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA 2021), Pasadena, CA, USA, December 13-16, 2021*, pages 173–178, 2021.

[**CI-26**] C. Banderier et M. Wallner. Young tableaux with periodic walls : counting with the density method. *The 33rd Conference on Formal Power Series and Algebraic Combinatorics (FPSAC 2021), Ramat-Gan, Israel, January 10–13, 2022*, volume 85B de *Séminaire Lotharingien de Combinatoire*, pages 47 : 1–12, 2021.

[CI-25] J. Cardinal, L. Pournin et M. Valencia Pabon. Bounds on the diameter of graph associahedra. *The XI Latin and American Algorithms, Graphs and Optimization Symposium (LAGOS 2021), São Paulo, Brazil, May 17-21 2021*, volume 195 de *Procedia Computer Science*, pages 239–247, 2021.

[CI-24] D. Castonguay, C. M. de Figueiredo, L. A. Kowada, C. S. Patrão, D. Sasaki et M. Valencia Pabon. On total coloring the direct product of complete graphs. *The XI Latin and American Algorithms, Graphs and Optimization Symposium (LAGOS 2021), São Paulo, Brazil, May 17-21 2021*, volume 195 de *Procedia Computer Science*, pages 306–314, 2021.

[CI-23] V. Lutfalla. An Effective Construction for Cut-And-Project Rhombus Tilings with Global n-Fold Rotational Symmetry. *27th IFIP WG 1.5 International Workshop on Cellular Automata and Discrete Complex Systems (AUTOMATA 2021), Aix-Marseille, France, July 12-14, 2021*, volume 90 de *Open Access Series in Informatics (OASIcs)*, pages 9 :1–9 :12, 2021.

[CI-22] A. Pastine, P. Torres et M. Valencia Pabon. On the diameter of Schrijver graphs. *The XI Latin and American Algorithms, Graphs and Optimization Symposium (LAGOS 2021), São Paulo, Brazil, May 17-21 2021*, volume 195 de *Procedia Computer Science*, pages 266–274, 2021.

[CI-21] D. Pchelina, N. Schabanel, S. Seki et Y. Ubukata. Simple Intrinsic Simulation of Cellular Automata in Oritatami Molecular Folding Model. *The 14th Latin American Symposium on Theoretical Informatics (LATIN 2020), São Paulo, Brazil, January 5-8, 2021*, volume 12118 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 425–436, 2021.

2020 [CI-20] C. Banderier et A. Asinowski. On Lattice Paths with Marked Patterns : Generating Functions and Multivariate Gaussian Distribution. *The 31st International Conference on Probabilistic, Combinatorial and Asymptotic Methods for the Analysis of Algorithms (AofA 2020), Klagenfurt, Austria, June 15–19, 2020*, volume 159 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 1 :1–16, 2020.

[**CI-19**] C. Banderier, A. Asinowski et V. Roitner. Generating functions for lattice paths with several forbidden patterns. *The 32nd Conference on Formal Power Series and Algebraic Combinatorics (FPSAC 2020), Online July 6-24, 2020*, volume 84B de *Seminaire Lotharingien de Combinatoire*, pages 95 : 1–12, 2020.

[CI-18] C. Banderier et M. Goldwurm. Number of Prefixes in Trace Monoids : Clique Polynomials and Dependency Graphs. *The 16th Conference on Computability in Europe (CiE 2020), Salerno, Italy, June 29-July 2, 2020*, volume 12098 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 251–263. Springer, 2020.

[CI-17] F. Bassino, T. Rakotoarimalala et A. Sportiello. The Complexity of the Approximate Multiple Pattern Matching Problem for Random Strings. *The 31st International Conference on Probabilistic, Combinatorial and Asymptotic Methods for the Analysis of Algorithms (AofA 2020), Klagenfurt, Austria, June 15-19, 2020*, volume 159 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 3 :1–15, 2020.

[CI-16] J. Ben Geloun, C. Coti et A. D. Malony. On-the-fly Optimization of Parallel Computation of Symbolic Symplectic Invariants. *The 19th International Symposium on Parallel and Distributed Computing (ISPDC 2020), Warsaw, Poland, July 5-8, 2020*, pages 102–109, 2020.

[CI-15] O. Bodini, A. Genitrini, M. Naima et A. Singh. Families of Monotonic Trees : Combinatorial Enumeration and Asymptotics. *The 15th International Computer Science Symposium in Russia (CSR 2020), Yekaterinburg, Russia, June 29 - July 3, 2020*, volume 12159 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 155–168, 2020.

[CI-14] T. Fernique et I. Galanov. Local growth of planar rhombus tilings. *The 14th International Conference on Quasicrystals (ICQ14), Kranjska Gora, Slovenia, 26–30 May 2019*, volume 1458 de *Journal of Physics : Conference Series*, page 012001 (4 pages), 2020.

2019 [CI-13] O. Bodini, M. Dien, A. Genitrini et F. Peschanski. The Combinatorics of Barrier Synchronization. *The 40th International Conference on Application and Theory of Petri Nets and Concurrency (PETRI NETS 2019), Aachen, Germany, June 23-28, 2019*, volume 11522 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 386–405, 2019.

[CI-12] T. Fernique, A. Hashemi et O. Sizova. Compact packings of the plane with three sizes of discs. *The 21th IAPR International Conference on Discrete Geometry for Computer Imagery (DGCI 2019), Marne-la-Vallée, France, March 26-28, 2019*, volume 11414 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 420–431, 2019.

2018 [CI-11] A. Asinowski, A. Bacher, C. Banderier et B. Gittenberger. Analytic Combinatorics of Lattice Paths with Forbidden Patterns : Asymptotics Aspects and Borges's Theorem. *The 29th International Conference on Probabilistic, Combinatorial and Asymptotic Methods for the Analysis of Algorithms (AofA 2018), Uppsala, Sweden, June 25-29, 2018*, volume 110 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 10 :1–13, 2018.

[CI-10] A. Asinowski, A. Bacher, C. Banderier et B. Gittenberger. Analytic Combinatorics of Lattice Paths with Forbidden Patterns : Enumerative Aspects. *The 12th International Conference on Language and Automata Theory and Applications (LATA 2018), Bar-Ilan, Israel, April 9-11, 2018*, volume 10792 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 195–206, 2018.

[CI-9] C. Banderier, P. Marchal et M. Wallner. Periodic Pólya urns and an application to Young tableaux. *The 29th International Conference on Probabilistic, Combinatorial and Asymptotic Methods for the Analysis of Algorithms (AofA 2018), , Uppsala, Sweden, June 25-29, 2018*, volume 110 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 11 :1–13, 2018.

[CI-8] O. Bodini, J. Courtiel, S. Dovgal et H.-K. Hwang. Asymptotic Distribution of Parameters in Random Maps. *The 29th International Conference on Probabilistic, Combinatorial and Asymptotic Methods for the Analysis of Algorithms (AofA 2018), Uppsala, Sweden, June 25-29, 2018*, volume 110 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 13 :1–13 :12, 2018.

[CI-7] O. Bodini, M. Dien, A. Genitrini et A. Viola. Beyond Series-Parallel Concurrent Systems : The Case of Arch Processes. *The 29th International Conference on Probabilistic, Combinatorial and Asymptotic Methods for the Analysis of Algorithms (AofA 2018), Uppsala, Sweden, June 25-29, 2018, Uppsala, Sweden*, volume 110 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 14 :1–14 :14, 2018.

[CI-6] J. David, R. Grappe, M. Lacroix et E. Traversi. Self-sufficient sets in smartgrids. *The Joint EURO/ALIO International Conference 2018 on Applied Combinatorial Optimization (EURO/ALIO 2018), Viña del Mar, Chile, April 11–13, 2022*, volume 69 de *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, pages 301–308, 2018.

[CI-5] G. H. Duchamp, V. Hoang Ngoc Minh et K. A. Penson. About Some Drinfel'd Associators. *The 20th International Workshop Computer Algebra in Scientific Computing (CASC 2018), Lille, France, September 17-21, 2018*, volume 11077 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 146–163, 2018.

2017 [CI-4] O. Bodini, M. Dien, A. Genitrini et F. Peschanski. Entropic Uniform Sampling of Linear Extensions in Series-Parallel Posets. *The 12th International Computer Science Symposium in Russia (CSR 2017), Kazan, Russia, June 8-12, 2017*, volume 10304 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 71–84, 2017.

[CI-3] O. Bodini et P. Tarau. On Uniquely Closable and Uniquely Typable Skeletons of Lambda Terms. *The 27th International Symposium on Logic-Based Program Synthesis and Transformation (LOPSTR 2017), Namur, Belgium, October 10-12, 2017*, volume 10855 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 252–268, 2017.

[CI-2] T. Monteil. A universal oracle for signal machines. *The 13th Conference on Computability in Europe 2017 (CiE 2017), Turku, Finland, June 12-16, 2017*, volume 10307 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 315–326, 2017.

[CI-1] S. M. Sedjelmaci. Two fast parallel GCD algorithms of many integers. *The 42nd ACM International Symposium on Symbolic and Algebraic Computation (ISSAC 2017), Kaiserslautern, Germany, July 25-28, 2017*, pages 397–404, 2017.

Autres articles dans des conférences ou workshops à comité de lecture

2022 [CO-15] O. Bodini. On the strange kinetic aesthetic of rectangular shape partitions. *The 12th edition of the conference GASCom on random generation of combinatorial structures, (GASCom 2022), Varese, Italy, June 13-15 2022*, volume 30 de *Pure Mathematics and Applications*, pages 37–44, 2022.

[CO-14] O. Bodini, A. Singh et N. Zeilberger. Sampling β-normal linear λ-terms. *The 12th edition of the conference GASCom on random generation of combinatorial structures (GASCom 2022), Varese, Italy, June 13-15 2022*, volume 30 de *Pure Mathematics and Applications*, pages 45–55, 2022.

2021 [CO-13] T. Monteil et K. Nurligareev. Asymptotics for Connected Graphs and Irreducible Tournaments. *The 2021 European Conference on Combinatorics, Graph Theory and Applications (EuroComb 2021), Barcelona, Spain, September 6-10, 2021*, volume 14 de *Trends in Mathematics*, pages 823–828, 2021.

2020 [CO-12] J. Ben Geloun. On the counting tensor model observables as $U(N)$ and $O(N)$ classical invariants. *The Corfu Summer Institute 2019 School and Workshops on Elementary Particle Physics and Gravity (CORFU2019), Corfù, Greece, August 31-September 25, 2020*, volume 376 de *Proceedings of Science*, pages 175–175, 2020.

2019 [CO-11] O. Bodini, A. Genitrini et M. Naima. Ranked Schröder Trees. *The 16th SIAM Workshop on Analytic Algorithmics and Combinatorics (ANALCO 2019), San Diego, CA, USA, January 6, 2019*, pages 13–26, 2019.

2018 [CO-10] A. Bacher, O. Bodini, A. Hollender et J. Lumbroso. MergeShuffle : a very fast, parallel random permutation algorithm. *The 11th International Conference on Random and Exhaustive Generation of Combinatorial Structures (GASCom 2018), Athens, Greece, June 18-20, 2018*, volume 2113 de *CEUR Workshop Proceedings*, pages 43–52, 2018.

[CO-9] C. Banderier, P. Marchal et M. Wallner. Rectangular Young tableaux with local decreases and the density method for uniform random generation (short version). *The 11th International Conference on Random and Exhaustive Generation of Combinatorial Structures (GASCom 2018), Athens, Greece, June 18-20, 2018*, volume 2113 de *CEUR Workshop Proceedings*, pages 60–68, 2018.

[CO-8] C. Banderier et M. Wallner. Local time for lattice paths and the associated limit laws. *The 11th International Conference on Random and Exhaustive Generation of Combinatorial Structures (GASCom 2018), Athens, Greece, June 18-20, 2018*, volume 2113 de *CEUR Workshop Proceedings*, pages 69–78, 2018.

[CO-7] F. Bassino, T. Rakotoarimalala et A. Sportiello. The complexity of the Multiple Pattern Matching Problem for random strings. *The 15th SIAM Workshop on Analytic Algorithmics and Combinatorics (ANALCO 2018), New Orleans, LA, USA, January 8-9, 2018*, pages 40–53, 2018.

[CO-6] F. Bassino et A. Sportiello. Linear-time exact sampling of sum-constrained random variables. *The 11th International Conference on Random and Exhaustive Generation of Combinatorial Structures (GASCom 2018), Athens, Greece, June 18-10, 2018*, volume 2113 de *CEUR Workshop Proceedings*, pages 94–105, 2018.

[CO-5] M. Bendkowski, O. Bodini et S. Dovgal. Polynomial tuning of multiparametric combinatorial samplers. *The 15th SIAM Workshop on Analytic Algorithmics and Combinatorics (ANALCO 2018), New Orleans, LA, USA, January 8-9, 2018*, pages 92–106, 2018.

[CO-4] J. David, L. Pournin et R. Rakotonarivo. A Markov chain for lattice polytopes. *The 11th International Conference on Random and Exhaustive Generation of Combinatorial Structures (GASCom 2018), Athens, Greece, June 18-20, 2018*, volume 2113 de *CEUR Workshop Proceedings*, pages 132–139, Athens, Greece, 2018.

2017 [CO-3] C. Banderier et M. Wallner. Lattice paths with catastrophes. *The 10th International Conference on Random and Exhaustive Generation of Combinatorial Structures (GASCom'16), La Marana, Corsica, France, June 1- 4, 2016*, volume 59 de *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, pages 131–146, 2017.

[CO-2] O. Bodini, M. Dien, A. Genitrini et F. Peschanski. The Ordered and Colored Products in Analytic Combinatorics : Application to the Quantitative Study of Synchronizations in Concurrent Processes. C. Martínez et M. D. Ward, éditeurs, *The 14th SIAM Workshop on Analytic Algorithmics and Combinatorics (ANALCO 2017), Barcelona, Spain, January 16-17, 2017*, pages 16–30, 2017.

[CO-1] A. Deza et L. Pournin. A survey on the diameter of lattice polytopes. *Discrete Geometry, Oberwolfach, Germany, April 9-15, 2017*, volume 19/2017 de *Oberwolfach Reports*, pages 1176–1179, 2017.

Direction d'ouvrages (DO)

Livres

2022 [LI-2] N. H. Mustafa. *Sampling in Combinatorial and Geometric Set Systems*, volume 265 de *Mathematical Surveys and Monographs*. American Mathematical Society, 2022.

2020 [LI-1] F. Bassino, I. Kapovich, M. Lohrey, A. Miasnikov, C. Nicaud, A. Nikolaev, I. Rivin, V. Shpilrain, A. Ushakov et P. Weil. *Complexity and Randomness in Group Theory*. de Gruyter, 2020.

Édition d'ouvrages collectifs

[ED-2] F. Bassino, F. Bonomo-Braberman, L. Pournin et M. Valencia Pabon. *Selected papers from LAGOS'17 : IX Latin and American Algorithms, Graphs and Optimization Symposium, Marseille, France, September 11-15, 2017*, volume 281 de *Discrete Applied Mathematics*. Elsevier, 2020.

2017 [ED-1] F. Bassino, F. Bonomo, L. Pournin, M. Valencia Pabon et J. VERA. *The IX Latin-American Algorithms, Graphs, and Optimization Symposium (LAGOS 2017), Marseille, France, September 11-15, 2017*, volume 62 de *Electronic Notes in Discrete Mathematics*. Elsevier, 2017.

Logiciels et Ressources (LO)

2019 [LO-1] M. Bendkowski, O. Bodini et S. Dovgal. Boltzmann-Brain : A standalone application for random generation of combinatorial structures. https://github.com/maciej-bendkowski/boltzmann-brain, 2019.

Thèses et Habilitations (TH)

Thèses

2023 [TH-12] C. Chinaud-Chaix. Assemblage de supercristaux par approche prédictive. Thèse, Toulouse 3, 2023.

2022 [TH-11] K. Nurligareev. Irreducibility of combinatorial objects : asymptotic probability and interpretation. Thèse, Université Sorbonne Paris Nord, 2022.

[TH-10] A. Singh. Une approche unifiée de la combinatoire du lambda-calcul et des cartes : bijections et propriétés limites. Thèse, Université Sorbonne Paris Nord, 2022.

2021 [TH-9] N. Dub. Enumeration of triangulations modulo symmetries and of rooted triangulations counted by their number of (d - 2)-simplices in dimension $d \geq 2$. Thèse, Université Sorbonne Paris Nord, 2021.

[TH-8] V. Lutfalla. Plans discrets substitutifs. Thèse, Université Sorbonne Paris Nord, 2021.

2020 [TH-7] M. Naima. Quantitative Analysis of Directed Acyclic Graphs Modelizing Concurrency Theory or Boolean Functions. Thèse, Université Sorbonne Paris Nord, 2020.

[TH-6] N. Pardal. Caractérisation structurelle de quelques problèmes dans les graphes de cordes et d'intervalles. Thèse, Université Sorbonne Paris Nord, 2020.

2019 [TH-5] S. Dovgal. Interdisciplinary image of Analytic Combinatorics. Thèse, Université Sorbonne Paris Nord, 2019.

[TH-4] I. Galanov. Sur l"auto-assemblage de pavages octogonaux plans de type fini. Thèse, Université Sorbonne Paris Nord, 2019.

[TH-3] T. Rakotoarimalala. Complexité de la recherche de motifs dans un texte aléatoire. Thèse, Université Sorbonne Paris Nord, 2019.

[TH-2] R. Rakotonarivo. Sur la combinatoire des polytopes en nombres entiers, génération aléatoire et enumération. Thèse, Université Sorbonne Paris Nord, 2019.

2017 [TH-1] Q. De Mourgues. Une approche combinatoire pour les dynamiques de type Rauzy. Thèse, Université Sorbonne Paris Cité, 2017.

Habilitations

2023 [HR-3] J. Ben Geloun. Tensor Field Theories : Renormalization, Combinatorics and Algebras. HdR, Université Sorbonne Paris Nord, 2023.

[HR-2] V. Bonzom. Structural and Enumerative Aspects of Discrete Surfaces and PL-Manifolds. HdR, Université Sorbonne Paris Nord, 2023.

2017 [HR-1] A. Bostan. Calcul Formel pour la Combinatoire des Marches. HdR, Université Sorbonne Paris Cité, 2017.

Publications antérieures à l'arrivée au LIPN

Les références comportent « ↑ » et correspondent à des publications antérieures à l'arrivée au LIPN, non référencées par ailleurs.

Signification des soulignements :
- *simple* : enseignant-chercheur ou chercheur titulaire,
- *double* : doctorant,
- *pointillé* : post-doc, ingénieur ou autre situation.

Articles dans des revues avec comité de lecture et chapitres de livres (ACL)

Articles dans des revues internationales avec comité de lecture sélectif

2022 [↑RI-13] B. Jartoux et N. H. Mustafa. A Tight Analysis of Geometric Local Search. *Discrete & Computational Geometry*, 67(2) :361–379, 2022.

2021 [↑RI-12] J. De Loera, T. Hogan, F. Meunier et N. Mustafa. Tverberg theorems over discrete sets of points. *Polytopes and Discrete Geometry*, 764 :57–70, 2021.

2020 [↑RI-11] K. A. Adiprasito, I. Bárány, N. Mustafa et T. Terpai. Theorems of Carathéodory, Helly, and Tverberg Without Dimension. *Discrete & Computational Geometry*, 64(2) :233–258, 2020.

[↑RI-10] I. Bárány et N. Mustafa. An application of the universality theorem for Tverberg partitions to data depth and hitting convex sets. *Computational Geometry*, 90 :101649 (5 pages), 2020.

2019 [↑RI-9] M. Csikós, N. Mustafa et A. Kupavskii. Tight Lower Bounds on the VC-dimension of Geometric Set Systems. *Journal of Machine Learning Research*, 20 :81 :1–81 :8, 2019.

[↑RI-8] J. De Loera, X. Goaoc, F. Meunier et N. Mustafa. The Discrete Yet Ubiquitous Theorems of Carathéodory, Helly, Sperner, Tucker and Tverberg. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 56 :415–511, 2019.

[↑RI-7] K. Dutta, A. Ghosh, B. Jartoux et N. Mustafa. Shallow Packings, Semialgebraic Set Systems, Macbeath Regions, and Polynomial Partitioning. *Discrete & Computational Geometry*, 61(4) :756–777, 2019.

[↑RI-6] A. Kupavskii, N. Mustafa et K. Swanepoel. Bounding the Size of an Almost-Equidistant Set in Euclidean Space. *Combinatorics, Probability and Computing*, 28(2) :280–286, 2019.

[↑RI-5] N. Mustafa et S. Ray. On a Problem of Danzer. *Combinatorics, Probability and Computing*, 28(3) :473–482, 2019.

2018 [↑RI-4] N. Bus, N. Mustafa et S. Ray. Practical and efficient algorithms for the geometric hitting set problem. *Discrete Applied Mathematics*, 240 :25–32, 2018.

[↑RI-3] N. Mustafa, K. Dutta et A. Ghosh. A Simple Proof of Optimal Epsilon Nets. *Combinatorica*, 38(5) :1269–1277, 2018.

2017 [↑RI-2] N. Bus, S. Garg, N. Mustafa et S. Ray. Limits of Local Search : Quality and Efficiency. *Discrete & Computational Geometry*, 57(3) :607–624, 2017.

[↑RI-1] N. Mustafa et S. Ray. ε-Mnets : Hitting Geometric Set Systems with Subsets. *Discrete & Computational Geometry*, 57(3) :625–640, 2017.

Chapitres de livre

[↑CL-1] N. Mustafa et K. Varadarajan. *Epsilon-approximations and Epsilon-nets*, *Handbook of Discrete Computional Geometry*, pages 1241–1267. CRC Press LLC, 2017.

Communications avec actes (ACT)

Communications dans des conférences internationales avec comité de lecture

2021 [↑CI-10] M. Csikós et N. Mustafa. Escaping the Curse of Spatial Partitioning : Matchings with Low Crossing Numbers and Their Applications. *37th International Symposium on Computational Geometry (SoCG 2021), Buffalo, NY, USA, June 7-11, 2021*, volume 189 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 28 :1–28 :17, 2021.

2019 [↑CI-9] K. A. Adiprasito, I. Bárány et N. Mustafa. Theorems of Carathéodory, Helly, and Tverberg without Dimension. *13th Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA 2019), San Diego, California, USA, January 6-9, 2019*, pages 2350–2360, 2019.

[↑CI-8] A. Akhavi, J. Clément, D. Darthenay, L. Lhote et B. Vallée. Dichotomic Selection on Words : A Probabilistic Analysis. *30th Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2019), Pisa, Italy, June 18-20, 2019*, volume 128 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 19 :1–19 :19, 2019.

[↑CI-7] C.-C. Huang, M. Mari, C. Mathieu, J. S. B. Mitchell et N. Mustafa. Maximizing Covered Area in the Euclidean Plane with Connectivity Constraint. *Approximation, Randomization, and Combinatorial Optimization. Algorithms and Techniques, (APPROX/RANDOM 2019), Cambridge, MA, USA, September 20-22, 2019,*, volume 145 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 32 :1–32 :21, 2019.

[↑CI-6] N. Mustafa. Computing Optimal Epsilon-Nets Is as Easy as Finding an Unhit Set. *46th International Colloquium on Automata, Languages, and Programming (ICALP 2019), Patras, Greece, 8-12 July 2019*, volume 132 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 87 :1–87 :12, 2019.

2018 [↑CI-5] B. Jartoux et N. Mustafa. Optimality of Geometric Local Search. *34th International Symposium on Computational Geometry (SoCG 2018), Budapest, Hungary, June 11-14, 2018*, volume 99 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 48 :1–48 :15, 2018.

[↑CI-4] M. Maria, N. Mustafa, T. Bardoux, J. Defaye et V. Biri. Visibility based WSPD for Global Illumination. *13th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP 2018), Funchal, Madeira - portugal, January 27-29 , 2018*, pages 81–90. SciTePress, 2018.

[↑CI-3] N. Mustafa et S. Ray. On a Problem of Danzer. *26th European Symposium on Algorithms (ESA 2018), Helsinki, Finland, August 20–22, 2018*, volume 112 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 64 :1–64 :8, 2018.

2017 [↑CI-2] D. Antunes, C. Mathieu et N. Mustafa. Combinatorics of Local Search : An Optimal 4-Local Hall's Theorem for Planar Graphs. *25th Annual European Symposium on Algorithms (ESA 2017), Vienna, Austria, September 4-6, 2017*, volume 87 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 8 :1–8 :13, 2017.

[↑CI-1] K. Dutta, A. Ghosh, B. Jartoux et N. Mustafa. Shallow Packings, Semialgebraic Set Systems, Macbeath Regions and Polynomial Partitioning. *33rd International Symposium on Computational Geometry (SoCG 2017) , Brisbane, Australia, July 4-7, 2017*, volume 77 de *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 38 :1–38 :15, 2017.

Édition d'ouvrages collectifs

2019 [↑ED-1] M. Couprie, J. Cousty, Y. Kenmochi et N. Mustafa. *21st IAPR International Conference on Discrete Geometry for Computer Imagery (DGCI 2019)*, volume 11414 de *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 2019.

3.3 Domaine 4. Inscription des activités de recherche dans la société

3.3.1 Référence 1. L'équipe se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique.

Les recherches menées par l'équipe sont de nature fondamentale et académique et ne se prêtent pas vraiment aux interactions avec le monde non-académique. Notons toutefois que la méthode de Boltzmann tend à se propager dans le milieu des ingénieurs, leur permettant d'avoir des outils de white-box testing (des bugs dans certains compilateurs ont ainsi été observés via une telle approche de génération aléatoire de code).

Sur un autre plan d'interactions avec la société, mentionnons l'activité d'art numérique de Olivier Bodini. Ses travaux ouvrent une porte vers la société et l'art via l'art génératif dont il est un représentant reconnu : Olivier a ainsi été sélectionné par le stand FxHash pour représenter l'art génératif à Art Basel Paris en 2023 et ses tableaux, générés aléatoirement, sont exposés dans le monde entier (Beijing Art Exhibition "Colours of Joy", NFTShow Europe à Valence, etc.).

3.3.2 Référence 3. L'équipe partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.

Les membres de l'équipe CALIN participent régulièrement à des action de partage de connaissance et de médiation scientifique. Nous avons par exemple donné des exposés généralistes à la journée de la recherche de l'institut Galilée qui a rassemblé tous les laboratoires de l'institut Galilée le 22 novembre 2018 ou à l'université de Klagenfurt le 30 juillet 2019 ou lors d'une conférence à destination du grand public au CIRM à Marseille le 5 novembre 2019. Nous avons également participé à l'accueil et à l'accompagnement de stages de découverte de la recherche d'une semaine à destination des collégiens en novembre 2021 et janvier/février 2023. Dans le cadre des journées "Savante Banlieue" organisées chaque année par l'université Paris 13, et qui accueillent environ 4000 visiteurs (collégiens/lycéens/étudiants) sur 2 jours, nous avons coanimé le stand de l'association Science Ouverte. Nous y avons donné une conférence de vulgarisation scientifique en octobre 2019. Nous avons aussi coanimé des journées de présentation de stages Maths Pour Tous (pour le niveau collège–lycée) et Hippocampe (pour le niveau licence) à l'université de Marseille en 2018, 2019 et 2022.

Figure 3.2: Écoliers et étudiants jouant avec des puzzles inspirés de la théorie des pavages apériodiques.

Depuis fin 2013 nous participons régulièrement aux journées "Filles et maths : une équation lumineuse" organisées par les associations *femmes & mathématiques* et *Animath* plusieurs fois par an à l'USPN ou dans d'autres universités et destinées à des filles en fin de collège et au lycée. Ces journées ont pour but d'encourager les filles à s'orienter vers des études scientifiques et techniques.

Chapitre 4
Trajectoire de l'équipe CALIN

Sommaire

4.1 Atouts, faiblesses, opportunités, menaces **57**
4.2 Positionnement par rapport au projet proposé en 2017 . . . . . **59**
4.3 Projet **59**
4.3.1 Analyse d'algorithmes et de structures combinatoires 59
4.3.2 Combinatoire, physique, géométrie 62

Nous présentons ci-dessous une analyse AFOM[1], qui met en exergue les *atouts, faiblesses, opportunités, menaces* pour l'équipe.

4.1 Atouts, faiblesses, opportunités, menaces

- **Forces et Atouts**

  — *Richesse des thématiques* : L'équipe réunit de manière rare tant au niveau national qu'international des compétences dans les divers domaines de la combinatoire

1. Nous boycottons l'horrible anglicisme anglicisme "SWOT" (strengths, weaknesses, opportunities, threats).

(analytique, géométrique, algébrique et bijective) avec une expertise particulière en analyse d'algorithmes et dans les problèmes à l'interface de la physique, mais aussi une transversalité des thèmes géométriques.

— *Attractivité* : L'équipe CALIN a recruté Nabil Mustafa, comme professeur en 2021. Les doctorants proviennent d'horizons internationaux (Moscou, Russie ; Antananarivo, Madagascar ; Hanoï, Vietnam) et de formations variées (informatique, mathématique et physique). Chaque année des candidats CNRS demandent leur affectation dans l'équipe (Florent Koechlin a été classé premier sur liste complémentaire en 2023).

— *Contrats de recherche* : CALIN a été partenaire de plusieurs projets ANR, dont 2 projets ANR internationaux avec Taïwan et le Luxembourg, et est fortement impliquée dans des collaborations avec l'Amérique du Sud, le Canada, le Luxembourg, Taïwan, l'Autriche et la Pologne.

— *Publications et édition* : L'équipe a un très bon niveau de publication (2 articles en revues internationales par équivalent permanent temps plein et par an, voir section 3.2) dans les meilleures revues internationales et participe au comité éditorial de deux journaux de combinatoire : les *Annales de l'Institut Henri Poincaré D : Combinatorics, Physics and their Interactions* (co-fondé par des membres de l'équipe) et *Annals of Combinatorics*.

— *Implication dans la formation par la recherche* : L'équipe a participe aux masters MPRI, MISA (Madagascar) et à l'EUR M&CS et a mis en place plusieurs groupes de travail ciblés en plus du séminaire d'équipe hebdomadaire.

— *Habilitations à diriger des recherches* : 2 habilitations ont été soutenues tout début 2023. L'un des nouveaux habilités est recruté PU à l'Université Gustave Eiffel.

- **Faiblesses**

— *Absence de projet européen* : CALIN participe par l'intermédiaire de Nabil Mustafa à un projet ERC mais aucun membre de l'équipe n'est porteur principal d'un projet européen. V. Bonzom a passé l'oral de l'ERC Starting Grant en 2017, mais son projet n'a pas été financé

— *Développement logiciel trop réduit* : L'équipe fait peu de développement logiciel malgré la contribution importante à SageMath de l'un de ses membres.

— *Équilibre hommes-femmes* : L'équipe est très déséquilibrée de ce point de vue avec une seule femme parmi ses membres permanents.

Trajectoire de l'équipe CALIN

- **Opportunités**

— *Pluridisciplinarité* : Les expertises variées que compte l'équipe permettent d'envisager la résolution de problèmes combinatoires (à l'interface entre informatique, mathématiques et physique) parmi les plus difficiles.

— *Recrutement de doctorants* : La participation au MPRI, à un master à l'Université d'Antananarivo (Madagascar), et à des écoles d'été en Russie offre des possibilités de recrutements de doctorants de haut niveau.

— *École Universitaire de Recherche à l'USPN* : La mise en place de l'EUR M&CS permet d'envisager des recrutement de doctorants de haut niveau.

— *Fédération MathSTIC à l'USPN* : Le développement de cette structure contribue à renforcer les collaborations avec certaines équipes du LAGA (Probabilités-Statistiques, Topologie Algébrique, Systèmes Dynamiques et Théorie Ergodique).

- **Menaces**

— *Responsabilités administratives* : L'augmentation des charges administratives tous azimuts est une menace importante pour le niveau d'activité scientifique de l'équipe.

En outre, deux des professeurs de l'équipe sont impliqués dans des responsabilités administratives lourdes (direction de l'école doctorale, direction du laboratoire).

— *Pérennité des financements* : Les ressources propres de l'équipe viennent principalement de projets ANR, la rendant dépendante de la politique scientifique menée par l'ANR.

4.2 Positionnement par rapport au projet proposé en 2017

Les thèmes de recherche que nous proposons restent volontairement assez ouverts afin de nous permettre d'orienter notre recherche de façon efficace et judicieuse. Le projet proposé en 2017 se déclinait, comme le projet ci-dessous, selon les axes de l'équipe. Nous avons travaillé sur tous les sous-thèmes proposés en 2017 et obtenus des résultats significatifs. Nous n'avons pas résolu exactement toutes les questions précises que nous avions proposées, mais orienté nos efforts de la façon la plus féconde possible en travaillant sur ces questions afin d'obtenir, de façon plus globale, des résultats qui ont dépassé nos attentes nous avions formulées dans chacun de ces thèmes (voir portfolio de l'équipe). Ceci a été possible car le projet proposé en 2017, structuré et cohérent, était aussi suffisamment flexible pour accommoder le caractère fondamental de nos thèmes de recherche :

La proposition ci-dessous se place dans le même esprit.

4.3 Projet

4.3.1 Analyse d'algorithmes et de structures combinatoires

Nous proposons de continuer d'étudier les questions autour de la génération aléatoire (en particulier dans l'idée d'améliorer la complexité des générateurs de Botzmann), de l'analyse de structures combinatoire (λ-termes, limites de graphes), mais aussi de profiter de la montée en puissance des thèmes plus géométriques avec des projets de livres à l'interface de la combinatoire, de la géométrie algorithmique et de la science des données, ou l'étude de certains graphes géométriques qui apparaissent dans des problèmes de génération aléatoire et en topologie algorithmique. Ces questions permettent de bénéficier de l'expertise de l'équipe dans son ensemble puisqu'elles portent sur des objets traités par les deux axes (typiquement les triangulations, les graphes, ou les polytopes).

- **Génération aléatoire**

Les générateurs Boltzmann ont révolutionné le domaine de la génération aléatoire en offrant l'accès à la génération de structures de très grande taille (typiquement $n = 10^6$, en quelques secondes). Cependant, ils reposent intrinsèquement sur une méthode de rejet lorsque l'objet engendré n'a pas la taille souhaitée. Ce rejet représente une perte nette considérable à la fois en temps et en termes de bits aléatoires consommés. Notre objectif est d'éviter ce rejet brutal de l'objet généré dès lors qu'il n'a pas la taille souhaitée, et de le réutiliser intelligemment pour la construction d'un objet ayant la bonne taille. Pour relever ce défi d'un générateur de Boltzmann exact en temps linéaire, nous allons travailler sur le paradigme que l'on peut qualifier de "rattrapage anticipé", que nous avons introduit [CO-10]. Cette idée est aussi l'un des ingrédients que nous avons utilisé [25] afin d'obtenir un algorithme linéaire de génération d'objets décrits par des grammaires non contextuelles ("context-free") irréductibles.

Nous nous attaquerons aussi aux extensions naturelles suivantes : gérer la classe des grammaires non irréductibles et/ou présentant des phénomènes de périodicité, gérer le

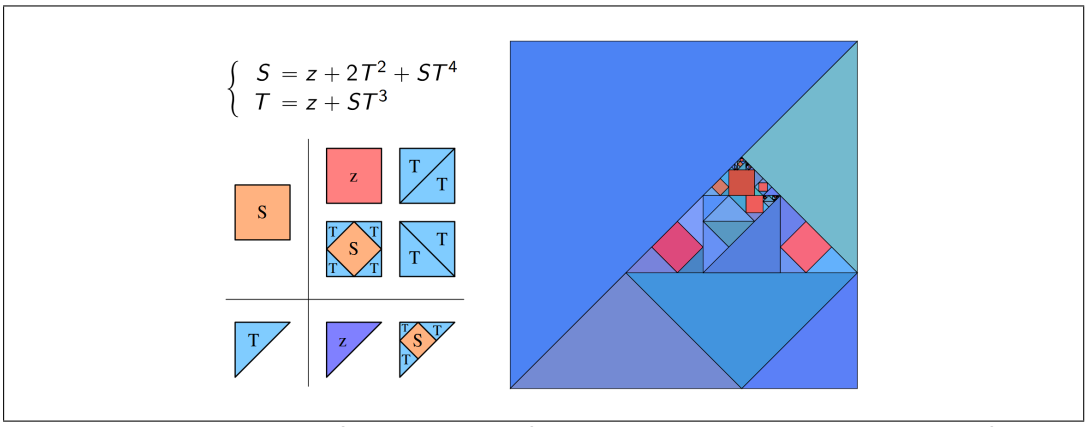


Figure 4.1: Un pavage récursif du carré par un jeu de triangles et de carrés peut être décrit par une grammaire context-free. La méthode de Boltzmann avec rattrapage anticipé permet de générer ces objets en temps linéaire. Nous souhaitons travailler sur l'étude de cette méthode pour des structures plus complexes.

cas multivarié (suivre des paramètres, similairement à [RI-98]), généraliser aux différents constructeurs admissibles de la méthode symbolique de Flajolet et Sedgewick.

- **Analyse de structures combinatoires**

L'étude combinatoire des λ-termes reste un domaine largement ouvert. Très peu de travaux ont cherché à analyser le λ-calcul typé. De plus, les recherches sur la dynamique du λ-calcul en sont encore à leurs balbutiements, et une étude plus approfondie permettrait de mieux comprendre les mécanismes combinatoires de la réduction β. Enfin, la génération efficace de λ-termes à l'aide de paramètres de contrôle ouvrirait la porte à un nouveau type de tests logiciels et permettrait la découverte et la mise en évidence de propriétés difficiles à observer sur de petits λ-termes. En nous basant sur les résultats récemment obtenus par l'équipe sur l'énumération asymptotique des λ-termes linéaires [4], nous proposons de continuer notre analyse combinatoire des λ-termes.

L'analogue de la notion de motifs dans les permutations sont les sous-graphes induits et celui des permutations séparables sont les cographes, *i.e.*, les graphes ne contenant pas de P_4 (le chemin à 4 sommets) induits. Nous avons établi que la limite au sens des graphons [21] (*i.e.*, des matrices d'adjacence renormalisées) est un objet brownien, appelé *le cographon brownien* [**RI-101**]. Dans [**RI-102**], nous avons montré qu'un cographe aléatoire uniforme ne contient ni clique, ni ensemble indépendant de taille linéaire. En d'autres termes, le graphe P_4 n'a pas la propriété d'Erdős–Hajnal linéaire asymptotique [17].

Trajectoire de l'équipe CALIN

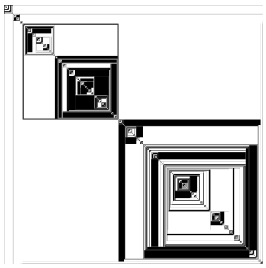


Figure 4.2: La matrice d'adjacence d'un cographe uniforme de taille 4482.

On s'attend à un phénomène d'universalité, et on aimerait montrer que les classes de graphes caractérisés par leur décomposition modulaire converge dans la plupart

des cas vers le *cographon brownien*. De premiers résultats dans cette direction sont obtenus dans [19]. Une autre décomposition permet de transformer des graphes en arbres, *la split décomposition*. Cette fois c'est la convergence après renormalisation en tant qu'espace métrique qui s'avère adapté pour étudier la limite des classes de graphes. Nous avons montré récemment [2] que dans certains cas la limite d'échelle de tels graphes aléatoires uniformes est *l'arbre aléatoire continu brownien d'Aldous*. L'extension de ces résultats à d'autres classes reste toutefois un challenge.

- **Combinatoire et science des données**

L'exploitation des données, qui sont souvent de nature géométrique et qui deviennent de plus en plus massives avec l'émergence de l'intelligence artificielle, pose un sérieux défi à la communauté scientifique, notamment sur le plan algorithmique. Nous proposons de travailler sur l'approximation rapide et optimale de ce type de données.

Pour cela, nous proposons de construire, pour un paramètre d'approximation ϵ donné, un sous ensemble minimal S des données et de l'étendre en une $(1+\epsilon)$-approximation du problème original. Ce projet qui regroupe les chercheurs de l'équipe intéressés par la combinatoire géométrique est divisé en trois parties, et nécessite une expertise en statistiques, en géométrie discrète, en apprentissage, en combinatoire et en algorithmique. Nous allons d'abord dégager les propriétés géométriques pertinentes des données qui seront transférées à S lors de sa construction. Deuxièmement, nous allons étudier les complexités (en temps et en mémoire) de la construction de S lorsque la dimension est grande, en se basant sur une compréhension des phénomènes géométriques et combinatoires sous-jacents. Enfin, nous souhaitons utiliser S pour améliorer la précision, et la rapidité des algorithmes d'optimisation.

En plus des publications dans des revues scientifiques et des conférences, deux livres sont en préparation :

- *Modern Combinatorial Algorithms in Geometry*. Travail en commun János Pach (Budapest).
  Ce livre présentera les progrès récents sur les algorithmes d'optimisation utilisant des méthodes combinatoires et géométriques modernes, y compris : principes d'inclusion-exclusion, recherche locale, partions de l'espace, théorie de la séparation, algorithmes probabilistes.
- *The Multiplicative Weights Update Technique in AI, Geometry and Optimisation*. Travail en commun avec Wolfgang Mulzer (Berlin).
  La technique de mise à jour des poids multiplicatifs est un puissant outil algorithmique utilisé dans de nombreux domaines tels que l'intelligence artificielle, l'optimisation, la combinatoire, la géométrie et l'algorithmique.

- **Topologie algorithmique et géométrie des graphes**

Une triangulation d'une surface orientable $\mathcal{S}$ de type fini munie d'un ensemble $\mathcal{P}$ de points marqués est une décomposition de $\mathcal{S}$ en triangles dont les sommets appartiennent à $\mathcal{P}$. Le graphe des flips correspondant est celui dont les sommets sont ces triangulations et dont les arêtes joignent deux triangulations qui diffèrent d'exactement deux triangles. Ce type de graphe apparaît tant en informatique, lorsque la surface est un disque et que les triangulations sont duales aux arbres binaires [24] qu'en mathématiques où ils sont un modèle combinatoire du *mapping class group* de la surface [10, **RI-4**].

La constante de Cheeger d'un graphe permet d'identifier si celui-ci admet des goulots d'étranglement (et est donc liée au temps de mélange d'une chaine de Markov mise en oeuvre sur ce graphe). Cette quantité a été introduite par Jeff Cheeger dans le contexte de la géométrie riemannienne. Récemment, Frischberg et Eppstein ont montré que la constante de Cheeger du graphe des flips d'un polygone tend vers 0 lorsque le nombre de sommets du polygone tend vers l'infini [12], résolvant un problème ouvert posé dans plusieurs communautés. Le pendant de cette question existe et reste ouvert

dans le cas des surfaces (orientables et de type fini). Le résultat de Frischberg et Eppstein suggère une construction similaire dans ce cas que nous nous proposons d'étudier en nous appuyant sur notre expertise des aspects métriques des graphes de flips des surfaces topologiques [RI-4, RI-24, RI-25, 23]. Ceci permettrait d'étudier certaines questions de topologie algorithmique liées à la constante de Cheeger.

4.3.2 Combinatoire, physique, géométrie

Notre équipe continuera son travail important en physique combinatoire, et ses interactions avec la géométrie, notamment via les aspects suivants.

- **Cartes et intégrabilité en physique**

Dans les cartes combinatoires, nous étudierons les aspects algébriques et bijectifs. L'aspect algébrique est celui à l'origine des formules de récurrence à la Goulden–Jackson [14], à travers ce qu'on appelle l'*intégrabilité*. C'est une structure très profonde qui reste mal comprise et sous-exploitée en combinatoire. Nous souhaitons en particulier systématiser son utilisation pour obtenir des formules de récurrence. Il faut pour cela aussi être capable de reconnaître si des objets combinatoires satisfont l'intégrabilité, ce qui nécessitera un travail de fond à base de théorie des fonctions symétriques.

Les récurrences à la Goulden–Jackson sont des formules d'une simplicité incroyable qui suggère qu'elles peuvent être comprises directement sur les cartes en termes bijectifs. Ce problème est encore ouvert mais on sait [9, 20] qu'il s'agirait de *bijections d'un type nouveau*, ne reposant pas sur les distances à la manière de la célèbre bijection de Cori–Vauquelin–Schaeffer et ses descendants.

En dimension 3, il existe plusieurs modèles de triangulations de sphères définis en termes d'arbres [11, 6, 3] dont certains assez récents, définis par des physiciens ou des mathématiciens, et qui n'ont pas encore été soumis à l'analyse combinatoire de notre école. Nous espérons obtenir des formules d'énumération ou des asymptotiques. Nous sommes aussi intéressés par des questions algorithmiques de décidabilité, comme décider si un triangulation donnée appartient à tel ensemble comme celui des localement constructibles de [11], ou encore s'il est possible de toutes les générer.

- **Combinatoire algébrique et classes de complexité**

Trajectoire de l'équipe CALIN

Les coefficients de Kronecker qui apparaissent naturellement dans l'énumération de triangulations de dimension 3 [RI-15] sont des objets modèles en théorie géométrique de la complexité. Nous approfondirons les nombreuses questions de combinatoire algébrique associées, comme le calcul des multiplicités dans les décompositions de produits tensoriels en représentations irréductibles pour un groupe quelconque sujet à des contraintes minimales. Les résultats obtenus dans [RI-118] induisent l'existence d'une nouvelle classe d'algèbres de barycentres, dont la combinatoire reste à déterminer. L'étude du groupe $GL(n)$ et des coefficients Littlewood–Richardson qui jouent le rôle des coefficients de multiplicités pour ce groupe [13, 18] serait un cas intéressant à étudier.

Il est connu que le calcul des coefficients de Kronecker est dans la classe GapP et qu'il est #P-dur [22]. La classe de complexité de l'algorithme fourni en [RI-118] est exponentielle et donc ne peut fournir des réponses sur l'appartenance ou non à #P. Par contre, cet algorithme peut fournir des réponses à questions plus globales telles que : "calculer tous les coefficients de Kronecker ", ou "calculer la somme des coefficients de Kronecker". Il existe donc d'autres classes de problèmes intéressants à définir dont les classes de complexité seront à déterminer. Un récent papier a en outre introduit un algorithme quantique pour le calcul des coefficients de Kronecker et le place dans la classe #QMA [5]. Une question naturelle serait de se demander si la procédure trouvée

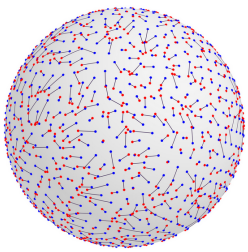
plus haut aurait un algorithme quantique de la forme [16], permettant d'accélérer son calcul et faire ainsi tomber son coût exponentiel.

- **Pavages et empilements de sphères**

Un des objectifs généraux de l'équipe est de montrer que la notion d'ordre apériodique, bien que complexe, peut apparaître relativement naturellement, en particulier dans le contexte des sciences des matériaux (quasi-cristaux modélisés par des pavages apériodiques). Un premier objectif concret est d'achever le projet de caractérisation complète des pavages par coupe et projection qui peuvent être assemblés en respectant de simples contraintes locales. Une telle caractérisation pourrait alors servir de sorte de "feuille de route" pour la recherche de nouveau quasi-cristaux (un peu comme le tableau périodique des éléments, à peine à moitié plein lorsqu'il a été proposé par Mendeleïev en 1869, a stimulé la recherche d'éléments qui en rempliraient les cases vides). L'idée est la même dans le cas des arrangements de disques ou de sphères, encore plus naturels d'un point de vue sciences des matériaux. Notamment, la découverte de tailles explicites de disques ou de sphères dont l'arrangement le plus dense serait apériodique créerait un lien spectaculaire avec la théorie des pavages apériodiques et offrirait, par sa simplicité, un cadre motivant pour tenter une réalisation pratique (par exemple avec des nanoparticules dont on sait relativement bien contrôler la taille). Dans l'immédiat, l'objectif est d'explorer les arrangements potentiellement denses et d'affiner les techniques de preuve de densité maximale (un problème qui peut être très difficile, comme l'atteste la complexité de la preuve de la conjecture de Kepler [15]). Par exemple, Thomas Fernique travaille déjà sur le cas de deux tailles des sphères de ratio $\sqrt{2}-1$, dont l'arrangement conjecturé le plus dense a la structure du cristal de sel.

- **Transport optimal entre points aléatoires sur une surface**

La théorie du transport optimal considère des problèmes d'optimisation formulés par Monge en 1781, et revisités par Kantorovich en 1942. C'est d'un domaine de recherche très actif avec de nombreuses applications (économie, logistique, reconnaissance d'images) sur lequel ont notamment travaillé deux médaillés Fields (Cédric Villani et Alessio Figalli), ainsi qu'un prix Nobel de physique (Giorgio Parisi). On s'intéresse ici à la version aléatoire 2-dimensionnelle du problème du transport optimal, consistant à trouver une bijection qui minimise le coût entre deux ensembles de n points aléatoires sur une surface (par exemple le carré, la sphère, un tore, une bouteille de Klein, ...), où le coût est défini comme la somme des carrés des distances euclidiennes entre les points appariés (tout comme le coût dans la méthode des moindres carrés).



Un exemple d'appariement entre points rouges et bleus choisis uniformément sur la sphère, qui minimise le coût (somme des carrés des distances géodésiques). Le challenge est de comprendre l'asymptotique de ce coût quand le nombre de points tend vers l'infini.

Ce coût est une fonction de n et dépend a priori de la géométrie de la surface dans laquelle sont choisis les points. Or, il a été conjecturé en 2014 [7, 8], et prouvé en 2017 [1] qu'en dimension 2 ce coût est asymptotiquement $\frac{1}{2\pi}\ln n/n$: le premier terme asymptotique ne dépend donc pas de la surface !

Nous [RI-78] avons récemment proposé un ansatz sur les termes asymptotiques suivants leur permettant de conjecturer que la forme de la surface n'intervient qu'à l'ordre $1/n$, avec un coefficient multiplicatif lié à la fonction zêta spectrale du laplacien associé à cette surface, $\sum_{k\geq 1}\lambda_k^{-s}$ (pour $s=1+\epsilon$), offrant ainsi une connexion jusqu'ici insoupçonnée avec la théorie spectrale. Ils ont notamment montré que cette fonction est le

premier terme d'une série perturbative (dont les coefficients sont des sommes de diagrammes de Feynman) de manière analogue à ce qui se fait en théorie quantique des champs. Ils espèrent développer une notion de diagrammes de Feynman "habillés" pour cette série, qui permettrait de contourner les méthodes d'analyse fonctionnelle et l'introduction du noyau de la chaleur (responsable dans [1] d'une perte de précision dans les termes d'erreur). Ceci est une piste prometteuse pour réussir à déterminer les premiers termes asymptotiques du coût optimal moyen et prouver notamment la conjecture de [RI-78].

Références complémentaires

[1] L. Ambrosio, F. Stra, and D. Trevisan. A pde approach to a 2-dimensional matching problem. *Probability Theory and Related Fields*, 173(1) :433–477, 2019.

[2] F. Bassino, M. Bouvel, V. Féray, L. Gerin, and A. Pierrot. Scaling limit of graph classes through split decomposition. *arXiv :2207.12253*, 2022.

[3] B. Benedetti and M. Pavelka. 2-LC triangulated manifolds are exponentially many. *Annales de l"Institut Henri Poincaré D*, 2021.

[4] O. Bodini, A. Singh, and N. Zeilberger. Asymptotic distribution of parameters in trivalent maps and linear lambda terms. *arXiv :2106.08291*, 2022.

[5] S. Bravyi, A. Chowdhury, D. Gosset, V. Havlíček, and G. Zhu. Quantum complexity of the Kronecker coefficients. *arXiv :2302.11454*, 2023.

[6] T. Budd and L. Lionni. A family of triangulated 3-spheres constructed from trees. *arXiv :2203.16105*, 2022.

[7] S. Caracciolo, C. Lucibello, G. Parisi, and G. Sicuro. Scaling hypothesis for the euclidean bipartite matching problem. *Physical Review E*, 90 :012118, Jul 2014.

[8] S. Caracciolo and G. Sicuro. Quadratic stochastic euclidean bipartite matching problem. *Physical Review Letters*, 115 :230601, Dec 2015.

[9] G. Chapuy, V. Féray, and E. Fusy. A simple model of trees for unicellular maps. *Journal of Combinatorial Theory, Series A*, 120 :2064–2092, 2013.

[10] V. Disarlo and H. Parlier. The geometry of flip graphs and mapping class groups. *Transactions of the American Mathematical Society*, 372 :3809–3844, 2019.

[11] B. Durhuus and T. Jonsson. Remarks on the entropy of 3-manifolds. *Nuclear Physics B*, 445 :182–192, 1995.

[12] D. Eppstein and D. Frishberg. Improved mixing for the convex polygon triangulation flip walk. *arXiv :2207.09972*, 2022.

[13] W. Fulton. *Young Tableaux*, volume 35 of *London Mathematical Society Student Texts*. Cambridge University Press, 1997.

[14] I. P. Goulden and D. M. Jackson. The KP hierarchy, branched covers, and triangulations. *Advances in Mathematics*, 219 :932–951, 2008.

[15] T. C. Hales. A proof of the Kepler conjecture. *Annals of Mathematics*, 162 :1065–1185, 2005.

[16] A. W. Harrow, A. Hassidim, and S. Lloyd. Quantum algorithm for linear systems of equations. *Physical Review Letters*, 103 :150502, 2009.

[17] R. J. Kang, C. McDiarmid, B. A. Reed, and A. D. Scott. For most graphs H, most H-free graphs have a linear homogeneous set. *Random Structures and Algorithms*, 45(3) :343–361, 2014.

[18] R. C. King, C. Tollu, and F. Toumazet. Factorisation of littlewood–richardson coefficients. *Journal of Combinatorial Theory, Series A*, 116 :314–333, 2009.

[19] T. Lenoir. Graph classes with few P_4's : Universality and Brownian graphon limits. *arXiv :2301.13607*, 2023.

[20] B. Louf. A new family of bijections for planar maps. *Journal of Combinatorial Theory, Series A*, 168 :374–395, 2019.

[21] L. Lovász. *Large Networks and Graph Limits*, volume 60 of *Colloquium Publications*. American Mathematical Society, 2012.

[22] I. Pak and G. Panova. On the complexity of computing Kronecker coefficients. *Computational complexity*, 26 :1–36, 2017.

[23] H. Parlier and L. Pournin. Getting lost in flip-graphs. *in preparation*, 2023.

[24] D. Sleator, R. Tarjan, and W. Thurston. Rotation distance, triangulations, and hyperbolic geometry. *Journal of the American Mathematical Society*, 1 :647–681, 1988.

[25] A. Sportiello. Boltzmann sampling of irreducible context-free structures in linear time. *arXiv :2105.12881*, 2021.

Partie III
Acronymes

A³ Apprentissage Artificiel et Applications
ANR Agence Nationale de la Recherche
AOC Algorithmes et Optimisation Combinatoire
ASPC Alliance Sorbonne-Paris-Cité
ATER Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche
CALIN Combinatoire, Algorithmique et Interactions
CD Contrat Doctoral
CDSN Contrat Doctoral Spécial Normalien
CIFRE Conventions Industrielles de Formation par la Recherche
CoNRS Comité National de la Recherche Scientifique
CNRS Centre National de la Recherche Scientifique
Complexités Axe transverse Complexités
CR Chargé de Recherche
DR Directeur de Recherche
DIM Domaine d'Intérêt Majeur
EA Equipe d'Accueil
ED École Doctorale
EFL Labex *Empirical Foundations of Linguistics*
ERC European Research Council
EUR École Universitaire de Recherche
FR Fédération de Recherche
FUI Fonds Unique Interministériel
GDR Groupement de Recherche
GT Groupe de Travail
HDR Habilitation à Diriger des Recherches
IG Institut Galilée
IUTSD IUT de Saint-Denis
IUTV IUT de Villetaneuse
L2TI Laboratoire de traitement et transport de l'information, USPN - EA 3043
LabCom Laboratoire commun (Appel PIA 4)
LabEx Laboratoire d'Excellence (appel Grand Emprunt)
LAGA Laboratoire Analyse, Géométrie et Applications, USPN - UMR 7539
LIPN Laboratoire d'Informatique de Paris-Nord, Université Sorbonne Paris Nord - UMR 7030
LoVe Logique et Vérification
MathSTIC Fédération de Recherche MathSTIC, Université Sorbonne Paris Nord - FR 3734
MCF Maître de Conférences
MPRI Master Parisien de Recherche en Informatique
PU Professeur des Universités
RCLN Représentation des Connaissances et Langage Naturel
RFSI Réseau Francilien en Sciences Informatiques
UMR Unité Mixte de Recherche
USPN Université Sorbonne Paris Nord