

Présentation Analytique

Mathieu Mari

Numéro de qualification : 22227370949
Candidature au poste de Maître de Conférence

Détails du poste

Référence Galaxie : 108

Section CNU : 27-Informatique

Implantation : 0342490X - Université de Montpellier

Laboratoire : UMR5506 (199111950H) - Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier

Mon parcours en quelques mots

En 2013, j'ai intégré l'école normale supérieure de Rennes via le concours informatique. Durant les trois années suivantes, j'ai suivi un parcours bi-disciplinaire Maths/Informatique et ai notamment obtenu l'agrégation de mathématiques option informatique (rang : 34). J'ai ensuite suivi Master Parisien de Recherche Opérationnelle. En 2017, j'ai commencé ma thèse sous la direction de Claire Mathieu et Chien-Chung Huang au département d'informatique de l'école normale supérieure de Paris. Pendant ces trois années, j'ai travaillé sur le design d'algorithmes d'approximation pour des problèmes d'algorithmique de graphes. J'ai également effectué un séjour de 5 mois à l'université de Santiago au Chili où j'ai travaillé sur la théorie algorithmique des jeux et les algorithmes FPT. En parallèle, j'ai enseigné à l'université Pierre et Marie Curie ainsi qu'à l'Université Paris-Diderot. L'essentiel de mon service s'est articulé autour de l'algorithmique, graphes et combinatoire, cryptographie, introduction à Python, et bases de l'algèbre et de l'analyse mathématique. Après ma thèse, j'ai intégré l'équipe de Piotr Sankowski à l'université de Varsovie, où nous travaillons sur le design algorithmes pour des problèmes en-ligne dont l'instance est aléatoire. En parallèle, j'ai mené des collaborations avec d'autres chercheurs de l'université de Varsovie sur des projets d'algorithmes FPT et des problèmes de chemins disjoints, ainsi que plusieurs collaborations internationales concernant le design d'algorithmique sur des graphes d'intersection de rectangles. Depuis 1 an et demi, j'ai rejoint à mi-temps IDEAS-NCBR, un nouvel institut polonais pour le développement de l'intelligence artificielle où je découvre des thématiques davantage liées à l'intelligence artificielle et où nous entreprenons des collaborations avec des industriels comme Huawei. En parallèle, j'ai encadré (ou co-encadré) trois stages d'étudiants. Depuis Février 2023, j'enseigne à l'université de Varsovie.

situation actuelle : Post-doctorat à l'Université de Varsovie et IDEAS-NCBR (Thèse +3)

Collaborations : Paris, Bonn, Varsovie, New-York, Santiago du Chili, Lugano, Liverpool.

Projets aboutis : — 6 conférences int. (SODA x2, ICALP, AAMAS, STACS, APPROX)

— 2 journaux (TOCS, SIAM j. disc. maths.)

— 4 en cours de publication

Mots-clés : algorithmique, combinatoire, graphes, approximation, géométrie.

Éléments du dossier

- Résumé
- Projet d'enseignement
- Travaux de recherche effectués
- Projet de recherche
- Bibliographie
- rapport de soutenance de thèse
- rapport de pré-soutenance de thèse de Bruce Shepherd
- rapport de pré-soutenance de thèse de Cyril Gavaille
- Copie d'une pièce d'identité (Galaxie)
- Diplôme de thèse (Galaxie)
- Sélection de d'articles/manuscripts de recherche en lien avec le projet (Galaxie)

Mathieu Mari

Curriculum Vitae.

Post-doctorant à l'université de Varsovie et IDEAS-NCBR, docteur en Informatique théorique, agrégé de Mathématiques.

E-mails Mathieu.Mari@ens.fr, Mathieu.Mari@ideas-ncbr.pl
mobile +33646755855
Google Scholar scholar.google.com/citations?user=VdSc5ZgAAAAJ
DBLP dblp.uni-trier.de/pid/248/8733

Publications

Conférences

- AAMAS 2023 **Online matching with delays and stochastic arrival times**, avec Michał Pawłowski, Runtian Ren et Piotr Sankowski, [arXiv](#).
- SODA 2022 **A 3-Approximation Algorithm for Maximum Independent Set of Rectangles**, avec Waldo Galvez, Arindam Khan, Tobias Mömke, Madhusudhan Reddy Pittu, Andreas Wiese, [arXiv](#).
- ICALP 2021 **Approximating maximum integral multiflows on bounded genus graphs**, avec Chien-Chung Huang, Claire Mathieu et Jens Vygen, [arXiv](#).
- STACS 2020 **Fixed-parameter algorithms for Unsplittable Flow Cover**, avec Andrés Cristi et Andreas Wiese, [papier](#).
- SODA 2020 **Ultimate greedy approximation of independent sets in subcubic graphs**, avec Piotr Krysta et Nan Zhi, [arXiv](#).
- APPROX 2019 **Maximizing Covered Area in the Euclidean Plane with Connectivity Constraint**, avec Chien-Chung Huang, Claire Mathieu, Joseph S. B. Mitchell et Nabil H. Mustafa, [papier](#).

Journaux

- TOCS (2021) **Fixed-parameter algorithms for Unsplittable Flow Cover**, avec Andrés Cristi et Andreas Wiese, [papier](#).
- SIAM J. Discret. Math. **An Approximation Algorithm for Fully Planar Edge-Disjoint Paths**, avec Chien-Chung Huang, Claire Mathieu, Kevin Schewior et Jens Vygen, [arXiv](#).

Workshops

Dynamic Pricing with Bayesian Updates from Online Reviews, avec Jose Correa et Andrew Xia, ML for Economic Policy at NeurIPS 2020 ([papier](#)).

Thèse de doctorat

- Sept 2020 **Greedy approaches to approximation of some NP-hard combinatorial optimization problems**, ([manuscrit](#)).

En cours

- **On price-induced minmax matchings**, avec Christoph Dürr et Ulrike Schmidt-Kraepelin, soumis à WG 2023 ([arXiv](#)).
- **Maximizing Covered Area in the Euclidean Plane with Connectivity Constraint**, avec Chien-Chung Huang, Claire Mathieu, Joseph S. B. Mitchell et Nabil H. Mustafa, soumis à ToC.

- **Ultimate greedy approximation of independent sets in subcubic graphs**, avec Piotr Krysta et Nan Zhi, soumis à *Algorithmica*, [arXiv](#).
- **Approximating maximum integral multiflows on bounded genus graphs**, avec Chien-Chung Huang, Claire Mathieu et Jens Vygen, soumis à *DCG*, [arXiv](#).

Parcours post-doctoral

- depuis Oct 2021 **Post-doctorant**, *IDEAS-NCBR* : Centre d'innovation pour l'intelligence artificielle, Pologne, dirigé par Prof. Piotr Sankowski.
- depuis Oct 2020 **Post-doctorant**, *University of Warsaw*, Pologne, accueilli par Piotr Sankowski, financé par le projet ERC TUGbOAT.

Education

- 2017-2020 **Doctorat en Informatique Théorique**, *École normale supérieure (ENS)*, équipe *TALGO*, Paris, Dirigé par Chien-Chung Huang et Claire Mathieu. Ecole doctorale ED 386.
Jury : Christoph Dürr (président), Claire Mathieu, Chien-Chung Huang, Cyril Gavoille (rapporteur), Dimitrios Thilikos, Magnus Halldorsson, Alantha Newman, Bruce Shepherd (rapporteur).
- 2016-2017 **Master Parisien de Recherche Opérationnelle - Master 2 (15.2/20)**, • *CNAM* • *Paris Saclay* • *ENSTA* • *ENPC* • *Ecole Polytechnique*, Paris.
- 2015-2016 **Agrégation de Mathématiques option Informatique** • **Master MEEF** , *Rennes*.
rang : 34^e
- 2014-2015 **Master 1 - Mathématiques** , • *École normale supérieure de Rennes* • *Université de Rennes 1*, Rennes.
- 2013-2014 **Licence de Mathématiques** , • *École normale supérieure de Rennes* • *Université de Rennes 1*, Rennes.
- 2013-2014 **Licence d'informatique** , • *École normale supérieure de Rennes* • *Université de Rennes 1* , Rennes.
- 2012-2013 **Classe préparatoire aux grandes écoles : MP***, • *Lycée Masséna*, Nice.
TIPE : Optimisation de l'aire et du périmètre des polygones inscrits dans une ellipse/ Petit et grand théorèmes de Poncelet ([lien](#))
- 2011-2012 **Classe préparatoire aux grandes écoles : MPSI**, • *Centre International de Valbonne*, Sophia-Antipolis.
- 2011 **Baccalauréat S option Mathématiques.**, • *Lycée Amiral de Grasse*, Grasse.

Expériences de recherche

Visites courtes de recherche

- Juin 2022 Fabrizio Grandoni à Lugano, Suisse.
- Mars 2022 Bartosz Walczak à Cracovie, Pologne.
- Dec 2019 Jens Vygen à Bönn, Allemagne.
- Sept 2019 Philip N. Klein à Providence, USA.

Stages et séjours longs

- Fev - Juin 2019 **Universidad de Chile**, avec *José Corrúa and Andreas Wiese*, j'ai travaillé sur la théorie des jeux algorithmique et les algorithmes FPT (Séjour de recherche réalisé durant mon doctorat).
- Avril - Juillet 2017 **University of Liverpool**, *Stage de Master 2 encadré par Piotr Krysta*, J'ai travaillé sur les algorithmes d'approximation, [rapport de stage](#) : Study of greedy algorithm for solving Maximum Independent Set problem (finaliste du meilleur mémoire de master à la ROADEF).

- Mai - Juin 2015 **University of Cape Town - *Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science* laboratory**, stage de M1 avec David Erwin, Théorie des graphes et Algorithmes de coloriage, rapport de stage: Game labelling number.
- Mai - Juillet 2014 **Université de Lille 1 - département *Géométrie et Topologie***, stage de L3 encadré par David Chataur, Topologie Algébrique – Structure, Graphes and Algorithmes, rapport.
- Exposés et séminaires**
- Mars 2022 **TCS seminar at Jagiellonski University, Krakow, Poland**, A $(2 + \varepsilon)$ -Approximation Algorithm for Maximum Independent Set of Rectangles (video).
- Dec 2021 **Seminaire Algorytmy, University of Warsaw**, A $(2 + \varepsilon)$ -Approximation Algorithm for Maximum Independent Set of Rectangles (video).
- Juil 2021 **séminaire de l'équipe ACRO du LIS, Marseille**, Approximating maximum integral multiflows on bounded genus graphs.
- Juil 2021 **Exposé à ICALP, Glasgow (en-ligne)**, Approximating maximum integral multiflows on bounded genus graphs (video).
- Sept 2020 **Soutenance de thèse, Ecole normale supérieure**, Greedy approaches to approximation of some NP-hard combinatorial optimization problems.
- Avr 2020 **Exposé à Max Planck institute, Sarrbrucken**, An Approximation Algorithm for Fully Planar Edge-Disjoint Paths.
- Mars 2020 **Exposé à STACS**, Fixed-parameter algorithms for Unsplittable Flow Cover.
- Jan 2020 **Exposé à SODA**, Ultimate greedy approximation of independent sets in subcubic graphs.
- Dec 2019 **Siminaire invité à Research Institute for Discrete Mathematics, University of Bonn**, Ultimate greedy approximation of independent sets in subcubic graphs.
- Dec 2019 **Séminaire de l'équipe TALGO, ENS Paris**, Ultimate greedy approximation of independent sets in subcubic graphs.
- Sept 2019 **Exposé à APPROX**, Maximizing Covered Area in a Euclidean Plane with Connectivity Constraint.
- Sept 2019 **séminaire au LIP6, UPMC**, Maximizing Covered Area in a Euclidean Plane with Connectivity Constraint.
- Sept 2019 **Séminaire de l'équipe TALGO, ENS Paris**, Maximizing Covered Area in a Euclidean Plane with Connectivity Constraint.
- Mar 2019 **Séminaire à Universidad de Chile**, Maximizing Covered Area in a Euclidean Plane with Connectivity Constraint.
- Jan 2018 **Exposé invité : Finaliste best master thesis - ROADEF, Universidad de Chile**, Study of greedy algorithm for solving Maximum Independent Set problem.
- Nov 2017 **Exposé au GT CoA, Lyon**, Etude de l'algorithme glouton pour résoudre le problème du stable maximum.

Travail de relecture des pairs

J'ai participé au travail de relecture pour des articles soumis dans les conférences/journaux suivant(e)s : Algorithmica, ACM TALG x2, SoCG 22 Algotel 22, APPROX 22, AISTATS 22, ICALP 22 ICALP 21, STOC 21, WG 21, ESA 20, ISAAC 20, MFCF 20, SoCG 20, WAOA 19

Organisation d'évènements

- Juin 2018 **Co-organisateur de la journée des doctorants de la SIF**, (resp : Gilles Dowek) Journée visant la rencontre de doctorants autour d'exposés de doctorants/de chercheurs internationaux, et d'activités ludiques mathématiques et informatiques.

Prix et bourses

- Juillet 2013 **bourse Normalien, École Normale Supérieure de Rennes**, concours informatique.

- Juillet 2017 **bourse de thèse CDSN**, *École Normale Supérieure (Paris)*.
- Janvier 2018 **ROADEF 2018**, *Finaliste du concours du meilleur mémoire de Master en Optimisation/Recherche opérationnelle*.

Enseignement

- Mars - Juin 2023 **Algorithmique avancée (responsable : Łukasz Kowalik)**, *Université de Varsovie (22h)*.
Chargé de TD à l'UPMC
 - 1er sem 2017-18 **Suites, intégrales et algèbre linéaire**, *module 1M002, Licence 1 Maths, 64h*, professeur référent : Julien Marché ([cours en PDF](#)).
 - 1er sem 2018-19 **Éléments d'arithmétiques, codes correcteurs, cryptographie**, *module 2M120, Licence 2 Maths, 32h*, professeur référent : Laurent Koelblen ([site du cours](#)).
 - 1er sem 2018-19 **Graphes et combinatoire**, *module 2M226, Licence 2 Maths, 32h*, professeur référent : Arnau Padrol ([cours en PDF](#)).
 - 2eme sem 2019-20 **Python pour les mathématiques**, *module 2MA100, Licence 2/3 Maths, 32h*, professeur référent : Julien Guillod ([site du cours](#)).
 - 1er sem 2019-20 **Algorithmique (Université Paris-Diderot)**, *L3/M1 Bio-info, 12h*, professeur référent : Roberto Mantaci.
- Colleur en classe préparatoires**
- 2016-2018 **MP1 du lycée Saint-Louis, Paris**, *2h/sem pendant 2 ans*, professeur référent : Olivier Bouverot.
 - 2015-2016 **MP2 du lycée Chateaubriand, Rennes**, *2h/sem pendant 1 an*, professeur référent : Marc Fleury.

Encadrement

- Fev - Juillet 2023 Nima Khodaveisi et Shanli Alefkhani (étudiants en Licence à l'université de Téhéran). sujet : conception d'algorithmes d'approximation pour des problèmes géométriques
- Oct 2022 - Fev 2023 Timothé Picavet (étudiant de M2 student à l'ENS Lyon). Sujet : algorithmes FPT pour des problèmes de packing (co-encadré par Michał Pilipczuk).
- Mai - Juillet 2020 Olivier Idir (élève de L3 à l'ENS Lyon) Sujet : combinatoire du [Jeu des Pousses](#) (co-encadré par Olivier Serre et Pierre Ohlmann).

Langues

Français	Langue maternelle	Anglais	Bilingue (TOEIC : 820)
Espagnol	Bon niveau	Polonais	Bonnes bases

Pendant mon temps libre

- Sport** J'adore les sports en extérieur : slackline, randonnée, VTT, plongée en apnée, snowboard, escalade, parkour, etc. J'aime également beaucoup pratiquer les sports suivants : foot, volley, badminton, squash, pingpong.
- Musique** Je suis musicien et mes instruments principaux sont la guitare classique, le saxophone ténor, et la flûte traversière. J'aime principalement l'improvisation jazz, la musique classique, la musique du Brésil et la musique indienne.
- Autres** Mes autres passions sont le bricolage et la peinture. J'aime aussi les jeux de sociétés, le camping, le cinéma et cuisiner.

Mis à jour : Mars 2023

Projet d'enseignement

Synthèse des enseignements effectués

Les enseignements que j'ai effectués sont résumés dans mon cv ci-dessus. Le gros de ce service s'est axé autour des enseignements en TD et TP à l'Université Pierre et Marie Curie (UMPC) pendant mon doctorat. Étant donné mon parcours bi-disciplinaire, j'ai choisi d'enseigner dans l'UFR de mathématiques qui à l'époque manquait apparemment de chargés de TDs. Les modules auxquels j'ai participé sont les suivants :

- Python pour les mathématiques (64h de TPs),
- Graphes et combinatoire en Licence 2/3 (32h),
- Éléments d'arithmétiques, codes correcteurs, cryptographie en Licence 2 (32h),
- Suites, Intégrales et Algèbre linéaire en Licence 1 (64h).

Je me suis également porté volontaire pour assurer 12h de TDs supplémentaires à l'université Paris-Diderot :

- Algorithmique en L3 et M1 Biologie-Informatique (12h).

En ce moment, j'enseigne à l'Université de Varsovie :

- Algorithmique avancée (30h).

Je détaille ici ma participation à ces enseignements.

Python pour les mathématiques. Cette EU, dont Julien Guillod était le responsable, avait pour objectif de faire découvrir à un public de L2 les diverses applications de la programmation dans différents domaines des mathématiques : l'intégration numérique, l'algèbre, probabilités et statistiques, la résolution numérique d'équations différentielles, et la cryptographie. La particularité de ce module est qu'il est composé uniquement d'un mélange de TD et de TP sans cours magistral. J'avais la charge de deux groupes de TP, et ma participation consistait à faire des rappels de cours (pour éclaircir des points liés soit à la syntaxe Python, soit aux différents domaines des mathématiques couverts par le programme), accompagner les étudiants dans l'élaboration de leur code, les aider à déboguer leur code si nécessaire, et présenter des corrections. j'ai également corrigé les deux devoirs maison ainsi que le TP final de mes deux groupes.

Graphes et combinatoire. Les cours étaient assurés par Arnau Padrol et étaient destinés à des étudiants de L2. Une première partie du programme portait les fondements de la combinatoire : ensembles, dénombrement, fonctions génératrices et une deuxième partie portait sur la théorie des graphes : concepts fondamentaux, chemins et cycles, coloration, et graphes planaires. Les élèves ont été évalués par deux contrôles continus, un devoir maison, un partiel et un examen final. A part l'examen final, les corrections étaient assurées par les chargés de TD.

Éléments d'arithmétiques, codes correcteurs, cryptographie. Les cours étaient assurés par Laurent Koelblen. Le programme portait sur les codes correcteurs d'erreurs, les corps finis, les protocoles cryptographiques type RSA ainsi que les codes cycliques. J'avais la charge de deux groupes de TD comprenant un vingtaine d'étudiants chacun formés d'étudiants en L2/L3. Je me suis occupé de la surveillance du partiels ainsi que de la correction d'une quarantaine de copies.

Suites, Intégrales et Algèbre linéaire. Les cours étaient assurés par Julien Marché. C'était un gros module de L1 avec une quinzaine de chargés de TD. Le programme couvraient les fondamentaux d'algèbre et d'analyse : logique, suites, matrices, systèmes linéaires, intégration, espaces vectoriels, etc. Ma participation consistait à aider les étudiants dans la résolution des exercices et présenter la correction. Presque chaque semaine, il y avait un devoir surveillé d'une quinzaine de minutes que j'étais chargé de corriger. J'ai également participé à la conception de plusieurs sujets. Cette méthode d'évaluation a favorisé l'engagement des étudiants en incitant leur présence aux cours/TDs et incitant leur travail régulier. Les étudiants ont été également évalués lors de deux devoirs maison, un partiel et un examen final. Les chargés de TD étaient également chargés de leur correction. J'ai le souvenir qu'enseigner en L1 demandait une certaine agilité. Les classes de TD étaient assez chargées avec une trentaine d'étudiants dans chaque groupe, avec une forte hétérogénéité de niveau. J'ai parfois dû gérer des problèmes de discipline ainsi que des cas de triche. J'ai tenté de veiller sur les étudiants faibles, ainsi que rassurer/accompagner certains étudiants tenté par une démission/réorientation.

Algorithmique. Ce cours s'est déroulé dans un contexte particulier. L'UFR d'Informatique de l'université Paris-Diderot cherchait un chargé de TP pour un module d'algorithmique, et je me suis porté volontaire. Le cours était assuré par Roberto Mantaci et destiné à un public de L3/M1 Bio-Informatique. Le programme portait sur : la complexité des algorithmes, la stratégie diviser pour régner, la programmation dynamique, les algorithmes gloutons, et le backtracking.

Les étudiants ont été évalués par un partiel, un devoir maison et un examen final. J'ai participé à la correction des devoirs maison, du partiel, ainsi que des sessions de rattrapage qui consistaient en des entretiens d'une quinzaine de minutes en visio. J'ai également contribué à la conception des sujets d'examen et j'ai rédigé quelques feuilles de TD.

Algorithmique avancée. Mon contrat post-doctoral n'inclue pas de charge d'enseignement mais comme je voulais garder un contact avec l'enseignement, je me suis porté volontaire pour participer à des enseignements à l'université de Varsovie où il y a en général un besoin en chargés de TD. Depuis un mois, j'enseigne dans un module d'algorithmique avancée dont les cours sont assurés par Łukasz Kowalik et Marcin Mucha. Ce module s'adresse plutôt à un public averti ayant déjà suivi un ou des modules d'algorithmique. Le programme porte sur : flots, programmation linéaire, classe NP et réductions, algorithmes d'approximation, complexité paramétrée et algorithmes FPT. En dehors des séances de TP, je m'occupe de la préparation de feuilles de TD en anglais (les supports de ce module sont principalement en polonais). Je vais a priori participer à la conception des devoirs maisons et du futur sujet d'examen.

Encadrement d'étudiants stagiaires.....

J'ai participé à l'encadrement de quatre stages étudiants que je détaille ci-dessous.

Olivier Idir. Lors de la conférence STACS 2020 à Montpellier, Pierre Olhmann m'a confié qu'avec son directeur de thèse Olivier Serre, ils allaient encadrer le stage d'un étudiant de L'ENS Lyon, Olivier Idir, et qu'ils cherchaient un sujet pour le stage. Je lui ai suggéré un projet sur l'étude de la combinatoire du jeu des Pousses de John Conway. Olivier et Pierre m'ont ensuite convié à participer à l'encadrement de d'Olivier. Ce stage se déroulant pendant le premier confinement, il consistait en des séances visio régulières et des discussions sur discord. Notre objectif était de nous attaquer à la caractérisation des stratégies gagnantes en fonction du nombre de points de départ. C'est une question difficile que nous n'avons malheureusement pas résolue, mais nous avons tout de même pu comprendre quelques cas particuliers intéressants et établit des liens avec des problèmes sur les graphes planaires.

Timothé Picavet. Timothé Picavet est un étudiant en 4A à l'ENS Lyon. Il a choisi d'effectuer son premier stage de 6 mois à l'université de Varsovie sous la direction de Michał Pilipczuk sur le thème de la géométrie algorithmique et notamment des problèmes de packing de rectangles. Connaissant mon intérêt pour ces questions, Michał m'a invité à co-encadrer Timothé. Comme je l'ai mentionné plus haut, nous nous sommes intéressés à la complexité paramétrée du problème de packing de rectangles lors la rotation n'est pas autorisée. Nous avons une discussion chaque semaine tous les trois et le reste du temps nous travaillions Timothé et moi-même. Notre travail a abouti à la rédaction d'un article que nous espérons bientôt soumettre notre travail à ESA. J'ai beaucoup apprécié travailler avec Timothé, et j'espère pouvoir continuer à collaborer avec lui.

Nima Khodaveisi et Shanli Alefkhani. Il y a un an, Nima Khodaveisi et Shanli Alefkhani, deux étudiants en Licence à Téhéran, m'ont contacté car ils souhaitaient effectuer un stage de recherche sur le thème des algorithmes d'approximation. Nous avons travaillé ensemble en visio pendant quelques temps le temps qu'ils obtiennent leur visa, et depuis un mois et demi, ils sont employé à IDEAS NCBR. Nous explorons des questions liées à l'axe 1 de mon projet de recherche, notamment la question du nombre chromatique sur des cas particuliers, le problème du *minimum hitting set* ainsi que les ϵ -nets dans les espaces de rectangles.

Besoins du poste et projet pédagogique

La fiche de poste fait état d'un besoin en calcul formel, en cryptographie, en sécurité, en algorithmique (probabiliste en particulier), et en théorie de la complexité et la calculabilité. La fiche mentionne que des compétences plus technologiques en système et en programmation web seront également fortement appréciées.

Je détaille point par point en quoi mon profil est adapté à ces besoins.

Algorithmique, complexité et calculabilité. Ces domaines sont au coeur de ma recherche et j'ai déjà participé à des enseignements sur ces thématiques. Je dispose déjà de feuilles de TD, contenu de cours, sujets d'examens, prêts à être réutilisés. J'ai une idée assez claire du programme que je suivrais si ces enseignements m'étaient confiés. Je suis familier avec des différents livres et autre ressources sur lesquels s'appuyer pour concevoir un programme de cours adapté à des étudiants de tout niveau. Je pourrais également réinvestir des connaissances acquises dans ma recherche pour enrichir les supports de cours, les exercices, et les sujets d'examen. Je serais également très intéressé pour enseigner des thématiques d'algorithmique plus avancés en Master comme par exemple les algorithmes d'approximation, la complexité paramétrée ou la géométrie algorithmique.

Calcul formel, en cryptographie, en sécurité. Bien que ces domaines ne soient pas directement liés à mes recherches, je les ai étudiés au cours de mes études et je suis intéressé par ces disciplines. Pendant mon doctorat, j'ai même enseigné certains aspects de la cryptographie. Je suis toujours avide d'élargir mes connaissances dans des domaines éloignés de mes recherches et prendre en charge un de ces enseignement serait une excellente opportunité pour approfondir ma culture informatique.

Système et programmation web. J'ai développé un intérêt personnel pour cette informatique plus "technologique" que théorique depuis que je développe une plateforme web pour un jeu de société dont je suis l'auteur¹. La conception de ce serveur m'a permis de développer des connaissances relatives au javascript, PHP, protocoles de communication sur internet, gestions des IP, sécurisation des identifications, etc. J'ai découvert un monde plein d'acronymes et de problématiques intéressantes. Cela me demanderait une certaine préparation, mais je serais très content de participer à ces enseignements et d'en apprendre davantage. Notamment, je pense que proposer un projet aux étudiants de conception d'un serveur de jeu/chat pourrait être une approche intéressante pour stimuler l'intérêt des étudiants pour ces sujets.

Mon approche pédagogique.....

Mon goût pour l'enseignement est pluriel. D'une part, j'éprouve une réelle satisfaction à voir les étudiants progresser et s'intéresser à des questions qui m'intéressent. J'éprouve une certaine gratification à savoir que j'ai pu avoir un impact positif sur mes étudiants, en les aidant à progresser dans la recherche de leur intérêts personnels, leur voie professionnelle, ou même tout simplement pour l'obtention de leur diplôme. D'autre part, enseigner me donne l'opportunité de me replonger dans des domaines annexes ou éloignés de mes thématiques de recherches, me permettant ainsi d'élargir ou de consolider ma culture informatique.

Même si cela prend du temps sur la recherche, j'ai toujours veillé à préparer mes cours sérieusement. Additionnellement, dans les différents enseignements que j'ai effectués, j'ai essayé de développer une approche pédagogique visant à satisfaire quatre objectifs pour permettre aux étudiants de réussir :

capter l'attention des étudiants : via mon discours en veillant à ma dynamique sonore, et en hiérarchisant les informations importantes. Dans mon interaction avec les étudiants : en faisant participer les étudiants (leur poser des questions, les faire passer au tableau), en allant voir les étudiants timides qui n'osent pas s'exprimer devant toute la classe ou qui ne signalent pas leur incompréhension.

Obtenir leur engagement actif : En aidant les étudiants à répondre eux-mêmes à leur questions/interrogations, leur suggérant des hypothèses, des conjectures à vérifier/réfuter.

Valoriser les erreurs : en laissant d'abord les élèves s'exprimer, les faire ensuite se rendre compte qu'il y a un problème dans ce qu'ils viennent de dire, en les aidant à identifier et corriger eux-mêmes leurs erreurs puis finalement essayant d'identifier et de rectifier la source de l'erreur.

Veiller à la consolidation des connaissances : en insistant sur les notions importantes, et en établissant des liens avec des savoirs acquis dans des TD/TP précédents, ou avec d'autres UE. La pédagogie et de la didactique sont des domaines que je trouve très intéressants, et j'espère continuer à développer mes compétences en la matière.

Intégration dans l'équipe pédagogique.....

Mon parcours universitaire (ENS Rennes) et mes différentes expériences d'enseignements et d'encadrements prédisposent tout particulièrement à l'enseignement de la plupart des UE dont la fiche de poste fait état de besoin : algorithmique, théorie de la complexité et la calculabilité, et dans une moindre mesure, cryptographie Système et Programmation web. C'est avec grand plaisir que je prendrais la responsabilité de telles UE. Je suis également ouvert à d'autres enseignements et notamment la programmation qui une discipline que j'adore. J'ai une nature sociale et conciliante et je me suis toujours bien entendu avec mes collègues enseignants. De ce fait, je suis convaincu de pouvoir m'intégrer facilement à l'équipe pédagogique.

En plus de mon implication dans des UE, je suis également très enthousiaste à l'idée d'effectuer des enseignements ou d'encadrer des stages/projets en lien avec mes activités de recherche : lecture d'article, implémentation d'algorithmes, projets d'initiation à la recherche, etc. A terme, je me sens tout à fait capable de prendre la responsabilité d'une année d'enseignement.

1. en collaboration avec Paul Szikora.

Investissement pour le développement de l'Université.....

J'ai également espoir de participer avec les collègues qui le souhaitent à des groupes de réflexion/projets visant à la l'amélioration/développement des points suivants :

Plateformes pédagogiques. J'ai eu le plaisir d'utiliser la plateforme Moodle dans plusieurs de mes enseignements.

Cela offre la possibilité de stocker des documents et ressources pédagogiques à un seul endroit et de permettre un accès plus facile pour les étudiants. À Varsovie, nous utilisons via Moodle un système de Quiz après chaque cours, qui incite l'engagement des étudiants et facilite leur suivi. Il existe également d'autres plateformes comme Caseine et AMeTICE possédant d'autres spécificités intéressantes.

Méthodes d'évaluations. Je pense que l'utilisation de méthodes d'évaluations adaptées est primordiale pour inciter les élèves à progresser. Je tire de mon expérience à l'université de Rennes 1 en tant qu'étudiant puis à l'UPMC en tant que chargé de TD, que la majeure partie de l'évaluation se fait lors d'un examen final centré sur la résolution de problèmes. Cela défavorise les étudiants sérieux qui sont victimes de stress en situation d'examen, et éventuellement les pousser à l'abandon. D'un autre côté, cela peut également inciter certains étudiants performants pour la résolution de problèmes, à ne pas assister aux cours. Pour favoriser l'engagement, il peut être intéressant de mettre en place davantage de contrôles continus. Le contrôle continu peut également permettre de rassurer les étudiants sérieux stressés par les examens. L'oral est également une méthode d'évaluation intéressante encore peu utilisée à l'université. L'oral permet à la fois de stimuler l'engagement des étudiants mais aussi le développement des compétences de communication, compétences essentielles dans le monde du travail. Son introduction récente au lycée (le grand oral) fait que les prochains étudiants seront familiers avec ce système d'évaluation. J'ai constaté que l'oral peut être également un atout pour les enseignants. Pendant mon enseignement d'algorithmique à l'université Paris-Diderot, nous avons choisi de faire passer un oral aux étudiants en rattrapage. Cela demande une certaine logistique, mais fait gagner du temps à l'enseignant puisqu'il n'y a pas de copies à corriger.

Inciter la réussite en début de cursus. La réforme du lycée a pour conséquence de faire accéder à l'enseignement supérieur des profils de lycéens plus hétérogènes. Il est donc nécessaire que l'université s'adapte en proposant un accompagnement plus personnalisé des étudiants, notamment en début de cursus, sur la manière d'accueillir les étudiants. En particulier, il faut s'assurer que les étudiants de L1 développent leur autonomie, leur responsabilité, leur implication, et la gestion du temps et travail personnel. Ces compétences sont essentielles pour réussir à l'université mais ne sont pas nécessairement acquises chez beaucoup d'étudiants de L2, comme le montre [cette étude](#) menée à l'université de Bordeaux, et comme je l'ai moi-même constaté lors de mes TD en L1/L2.

Intelligence artificielle. Les récents progrès de l'intelligence artificielle (notamment avec chatGPT) posent de nombreuses questions sur son utilisation pour l'enseignement. Pour l'avoir expérimenté je trouve ce genre d'outils particulièrement performant pour l'apprentissage de la programmation. En effet il peut permettre de répondre à des questions simples des étudiants, fournir des explications, analyser du code, etc. Il serait intéressant de réfléchir à intégrer cet outil dans les UE de programmation.

Égalité fille garçon. Encore très peu de filles s'orientent vers des études d'informatique, et c'est dommage, car c'est priver l'informatique de beaucoup de talents potentiels. Je pense que le rôle des universitaires est important pour rééquilibrer la balance. Leur expertise peut aider à l'élaboration de stratégies pour éliminer les stéréotypes de genre. On pourrait également imaginer la mise en place d'événements ou d'ateliers pour les filles dans les écoles/collèges/lycées afin de sensibiliser les filles à l'informatique dès le plus jeune âge.

Travaux de recherche effectués

Cette section présente l'ensemble de mes travaux de recherche. Mon travail couvre un spectre thématique relativement large de l'algorithmique. Outre ma curiosité pour l'informatique théorique en général, un facteur de cette diversité est la rencontre de chercheurs aux intérêts variés avec qui j'ai eu la chance de collaborer. La présentation de ma recherche s'articule en trois parties, séparées thématiquement.

- Dans la première partie, je détaille mes travaux en géométrie algorithmique.
- La deuxième partie porte sur la conception d'algorithmes d'approximation pour les problèmes d'optimisation dans les graphes.
- Dans la troisième partie, je détaille mes travaux d'algorithmique en lien avec le monde économique.

Dans les différentes parties, je donne des directions de recherches futures. Les parties marquées d'une ★ sont liées à mon projet de recherche développé dans la section suivante.

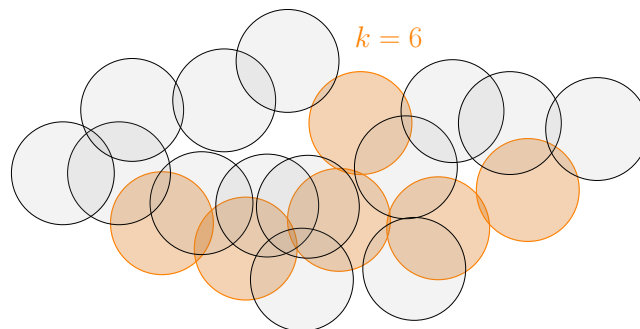
Axe 1 : Géométrie algorithmique

Couverture connexe par des disques unité.....

Maximiser une fonction sous-modulaire sous contraintes est un problème classique en informatique et en recherche opérationnelle. Les contraintes les plus couramment étudiées sont la cardinalité, le sac à dos et les contraintes de matroïdes. Une contrainte naturelle qui a reçu peu d'attention est la contrainte de connexité. Une motivation pour la contrainte de connexité vient des études sur le génome du cancer [VUR11]. Pendant ma thèse, en collaboration avec Claire Mathieu, Chien-Chung Huang, Nabil Mustafa et plus tard Joe Mitchell, nous avons étudié le problème suivant. Étant donné un ensemble de disques unités dans le plan et un entier k , l'objectif est calculer un sous-ensemble de disques de taille k qui maximise la superficie de l'union des disques, sous la contrainte que cette union est connexe. Remarquez que la surface couverte par l'union d'un ensemble de disques est une fonction sous-modulaire monotone. Le problème est motivé par le déploiement de routeurs sans fil, introduit pour la première fois dans [KLT15].

Nous avons prouvé que ce problème est NP-difficile, et qu'il existe un algorithme glouton réalisant une $\frac{1}{2}$ -approximation de la solution optimale. Nous avons également montré que si l'on s'autorise l'utilisation de ϵk disques supplémentaires (ne faisant pas nécessairement partie de l'entrée), on peut obtenir en $(1-\epsilon)$ -approximation. Ce schéma d'approximation avec *augmentation de ressource* et son analyse sont inspirés des techniques développées par Mitchell [Mit99] et Arora [Aro98] pour le voyageur de commerce Euclidien. Ce travail a été présenté à APPROX 2019 [Hua+19], en cours de publication à TOC.

Direction de recherche. Concevoir un PTAS pour le problème sans augmentation de ressources, ou prouver que le problème est difficile à approximer.

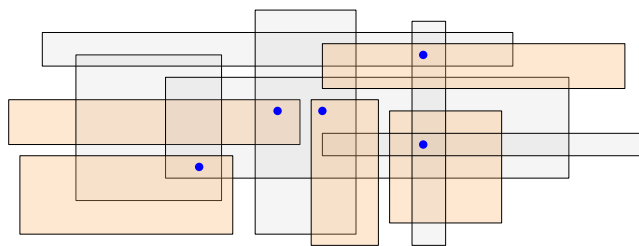


★ Ensemble de rectangles indépendants maximum.....

Le problème du stable de taille maximum (MIS) est un problème fondamental d'optimisation combinatoire. Le problème étant en général difficile à approximer au-delà d'un facteur $n^{1-\epsilon}$ [H96] (à moins que $P = NP$), il est naturel d'étudier son approximabilité dans des classes de graphes restreintes. Notamment, obtenir un algorithme d'approximation constante pour MIS dans les graphes d'intersection de rectangles est resté pendant longtemps un problème ouvert difficile. Une approche possible est de calculer une solution optimale relaxée d'une formulation linéaire du problème est de l'arrondir. Cette approche a permis à Chalermsook and Chuzhoy d'obtenir une $O(\log \log n)$ -approximation, où n est le nombre de rectangles en entrée. D'un autre côté, l'existence d'un schéma d'approximation en temps

polynomial pour le problème est très probable, puisqu'il existe un schéma d'approximation en temps *quasi*-polynomial pour le problème [AHW19 ; CE16].

En 2020, Mitchell a montré l'existence d'un algorithme de 10-approximation pour le problème, en temps polynomial [Mit21]. Plutôt que d'arrondir le programme dynamique, Mitchell utilise une décomposition récursive du plan en polygones de complexité constante. La difficulté de son approche est de montrer l'existence d'une telle décomposition n'intersectant qu'une fraction constante d'une solution optimale donnée. Cette décomposition est ensuite calculée par un programme dynamique. L'analyse de cette approche était dans sa première version extrêmement technique, notamment basée sur un longue énumération de cas. Dans une collaboration internationale débutée à un workshop à Santiago de Chile, nous nous sommes intéressés à cette nouvelle technique, avec pour but de la simplifier et d'améliorer le ratio d'approximation. Après une succession d'amélioration du ratio d'approximation, nous avons finalement abouti au design d'une $(2 + \epsilon)$ -approximation pour le problème. En particulier, nous avons poussé la technique de Mitchell (presque) à son maximum puisque cette technique d'analyse nécessite la perte d'un facteur d'approximation d'au moins 2. Ce résultat a été présenté à SODA 2022 [Gál+22]. Ce travail laisse de nombreuses questions ouvertes intéressantes et importantes que je développe plus loin dans mon projet de recherche.



légende : Une instance du problème MIS de rectangles. En orange une solution optimale. En bleu, un *minimum hitting set* donc je parle plutard dans mon projet de recherche.

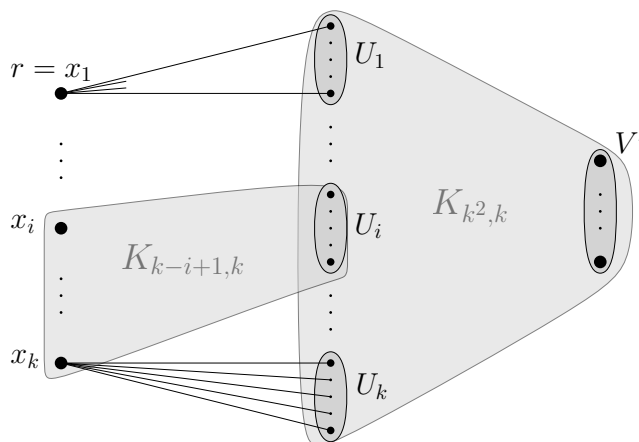
Axe 2 : Algorithmes d'approximation

Analyser l'algorithme glouton pour le problème du stable maximum.....

Lors de mon stage de Master 2 encadré par Piotr Krysta à l'Université de Liverpool nous avons commencé par nous intéresser aux systèmes d'enchères et aux différents mécanismes incitant l'honnêteté des agents (*truthful mechanisms*) et nous avons remarqué que ces mécanismes étaient en général gloutons. Répartir optimalement des biens entre différents agents peut être modélisé par le problème de l'indépendant de taille maximum dans un graphe (MIS). Cela nous a mené à formuler la question suivante : quel est le meilleur ratio d'approximation que l'on peut obtenir par une heuristique gloutonne pour MIS ? Le problème étant en général d'ur à approximer au-delà d'un facteur $n^{1-\epsilon}$ [H96] (à moins que $P = NP$), nous nous sommes restreints à l'étude de graphes de degrés bornés. L'heuristique gloutonne la plus naturelle pour construire un stable I dans un graphe G donné est la suivante : choisir un sommet v de degré minimum dans G , rajouter v dans I , enlever v et ses voisins de G , et recommencer, jusqu'à ce que le graphe soit vide. L'analyse de cet algorithme, qu'on appellera *glouton basique*, a été initiée par Halldórsson et Radhakrishnan [HR97] qui ont montré que cette heuristique avait un ratio d'approximation de $(\Delta + 2)/3$ dans les graphes de degré au plus Δ . A chaque instant, le glouton basique a potentiellement le choix entre plusieurs sommets de degré minimum, et choisir un de ces sommets plutôt qu'un autre peut potentiellement conduire à des solutions de taille différentes. Une question intéressante est de savoir si l'on peut améliorer le glouton basique en proposant des règles simples permettant de décider quel sommet de degré minimum choisir afin d'augmenter la taille de la solution finale. Dans le cas particulier où $\Delta = 3$, Halldórsson et Yoshihara ont proposé une telle règle permettant d'améliorer le ratio d'approximation à $3/2$ [HY95a]. Il ont également proposé une borne inférieure pour le design de telles règles : il existe un graphe de degré maximum 3 pour lequel, peu importe la séquence de sommets de degré minimum choisi par le glouton basique, la solution finale a taille $5/4$ fois plus grande que le stable de taille maximum dans ce graphe. Notre contribution principale est une nouvelle théorie pour la conception de tels algorithmes gloutons et pour l'analyse de leurs ratios d'approximation. Avec cette nouvelle théorie, nous obtenons le ratio d'approximation de $5/4$ pour les algorithmes gloutons sur des graphes avec un degré maximum de 3, ce qui résout complètement le problème ouvert laissé par Halldórsson et Yoshihara [HY95a]. Notre algorithme est actuellement l'algorithme le plus rapide connu pour MIS avec ce ratio d'approximation pour les graphes sous-cubiques². Nous avons enfin étendu notre

2. Le meilleur algorithme d'approximation connu est impraticable : il repose sur de la recherche locale dont le temps de calcul nécessaire pour obtenir une approximation de $5/4$ est $\Omega(n^{18.27})$, où n est le nombre de sommets [BF99].

théorie au cas des graphes sans triangles ainsi qu'au problème de couverture d'arêtes par les sommets. Nous avons complété nos résultats avec des résultats de bornes inférieures, qui montrent que la conception de bons conseils pour les algorithmes gloutons pour MIS est difficile à approximer sur diverses classes de graphes. Ces résultats suggèrent que l'obtention de bornes supérieures sur la conception et l'analyse des conseils gloutons est non trivial. Ce travail a été présenté à SODA 2020 [KMZ20] et est en cours de publication à Algorithmica.



légende : Cette construction montre que le glouton basique a un ratio d'approximation $\Omega(\sqrt{n})$ pour les graphes bipartis, où n est le nombre de sommets.

★ Chemins disjoints dans les graphes planaires et de genre borné.....

Le problème des chemins arêtes-disjointes (EDP) est un problème fondamental en optimisation combinatoire qui consiste à décider si un ensemble de paires H de sommets dans un graphe G donné peuvent être connectés par des chemins ne partageant pas d'arêtes communes. Ce problème a été largement étudié dans la littérature. L'une des premières directions était d'identifier des conditions garantissant l'existence de chemins arêtes-disjointes connectant toutes les paires. Par exemple, une condition nécessaire appelée *condition de coupe*, atteste que pour chaque coupe du graphe, le nombre d'arêtes de H coupées (c'est-à-dire le nombre de paires coupées) ne doit pas excéder le nombre d'arêtes de G coupées. Un résultat phare dû à Seymour [Sey81] établit que cette condition de coupe est également suffisante dans le cas où le graphe $G + H$ est planaire et Eulerien. Ce résultat est le premier d'une séquence de travaux s'intéressant au cas où $G + H$ est planaire. Malheureusement, le cas général où $G + H$ est planaire est un des cas dans lesquels EDP est NP-difficile. Pendant ma thèse, je me suis intéressé, en collaboration avec Claire Mathieu, Chien-Chung Huang, Kevin Schewior et Jens Vygen, à l'approximation de la version maximisation de EDP, assez peu étudiée jusque là dans le cas où $G + H$ est planaire où plus généralement plongée dans une surface de genre $g \geq 0$. Dans cette version maximisation (MEDP), étant donné un graphe G et un ensemble H de paires de sommets, le but est de déterminer le nombre maximal de paires de H pouvant être connectées par des chemins arêtes-disjointes.

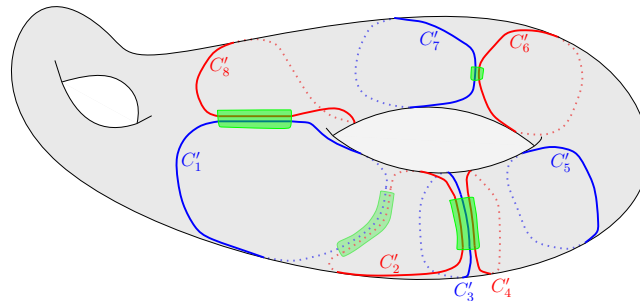
Quand $G + H$ est planaire.

Notre résultat principal est la conception d'un algorithme d'approximation constante pour MEDP dans le cas où $G + H$ est planaire. Un corollaire est une version "approximation" du théorème flot-max/coupe-min : quand $G + H$ est planaire le ratio entre la taille minimum d'une multicoûte minimum et le nombre maximum de chemins arêtes-disjointes est au plus constant. Pour obtenir cet algorithme d'approximation constante, nous avons prouvé en nous inspirant de [KP92a] que si la condition de coupe est vérifiée par $G + H$ alors au moins la moitié des paires de H peuvent être connectées. Le problème se réduit donc à obtenir un algorithme d'approximation constante pour le problème d'identifier le plus grand sous-ensemble de H vérifiant la condition de coupe. Cet algorithme consiste à arrondir le programme linéaire associé. Nous avons en outre montré que ce second problème est NP-difficile. Ce travail a été publié dans SIAM journal of Discrete Maths [Hua+21a].

Généralisation aux graphes de genre borné.

Nous nous sommes ensuite intéressés au cas plus général où $G + H$ est plongé dans une surface orientable de genre $g \geq 0$, c'est-à-dire que ses arêtes peuvent être dessinées sans croisements sur la somme connexe de g tores. Le cas des surfaces orientables de genre supérieur est plus difficile. En effet, une propriété sur laquelle nous nous appuyons pour cas planaire est celle de Jordan, propriété qui n'est pas vérifiée par les surfaces de genre supérieur : sur toute surface orientable de genre $g \geq 1$, il existe des cycles simples dit *non-séparant* qui ne séparent pas la surface

en deux composantes connexes. Notre résultat principal est le design d'un algorithme de $O(g^2)$ -approximation pour MEDP quand $G + H$ a genre orientable g . La borne inférieure utilisée pour minorer la valeur de la solution optimale est la valeur du multiflot associé à l'instance. Un corollaire est donc que le gap d'intégralité du programme linéaire associé est majoré par $O(g^2 \log g)$. En utilisant un résultat de Tardos et Varirani [TV93] sur le gap d'intégralité du programme dual associé, nous obtenons également que le ratio entre la valeur de la multicoupe minimum et le nombre maximum de chemins arêtes-disjointes est $O(g^{3.5} \log g)$. Ce travail a été présenté à ICALP 2021 [Hua+21b] et est en cours de publication à DCG.



légende : Une famille de cycles non-séparants deux-à-deux homéomorphes sur une surface orientée de genre 2.

Unsplittable flow on a path.....

Ce travail a été réalisé en collaboration avec Andreas Wiese et Andrés Cristi lors de ma visite à *Universidad de Chile* pendant ma thèse. Le version couverture du problème *Unsplittable flow on a path* (UFP-cover) modélise un problème de gestion du cache bien étudié et divers problèmes d'allocation de ressources. Étant donné un chemin, dont chaque arête possède une certaine demande, une tâche est définie par un sous-chemin et une taille. L'objectif est de sélectionner un sous-ensemble des tâches de cardinalité minimale de sorte que sur chaque arête, la taille totale des tâches sélectionnées utilisant cette arête soit au moins égale à la demande de l'arête en question. Il existe une 4-approximation en temps polynomial pour le problème [Bar+01] et également un schéma d'approximation en temps quasi-polynomial [HMW18]. Notre direction de recherche a consisté à étudier la complexité paramétrée du problème. Nous avons montré que le problème est $W[1]$ -difficile, mais qu'il devient FPT dans deux cas : si nous pouvons violer légèrement les demandes d'arêtes (*resource augmentation*) ou s'il y a au plus k tailles différentes. Ensuite, nous avons obtenu un schéma d'approximation paramétré (PAS), c'est-à-dire un algorithme avec un temps d'exécution de $f(k, 1/\epsilon)n^{g(1/\epsilon)}$ qui produit une solution avec au plus $(1 + \epsilon)k$ tâches ou affirme qu'il n'y a pas de solution avec au plus k tâches. Dans cet algorithme, nous avons développé une nouvelle astuce nous permettant intuitivement de prétendre que nous pouvons sélectionner des tâches de la solution optimale plusieurs fois. Nous avons également montré que les deux algorithmes s'étendent également au cas pondéré du problème, quitte à perdre un facteur de $1 + \epsilon$ dans le coût de la solution. Ce travail a été présenté à STACS 2019 (à Montpellier) [CMW20] et récemment publié dans *Theory of Computing Systems* [CMW23].

Axe 3 : Problèmes algorithmiques en lien avec le monde économique

Modèles stochastiques pour l'étude d'algorithmes en ligne.....

L'étude des algorithmes en ligne est un domaine de recherche très actif depuis plusieurs décennies. Ce type d'algorithme reçoit un flux de données en entrée, et doit prendre des décisions au fur et à mesure. Un cadre classique est celui dans lequel l'algorithme doit répondre à des requêtes les unes après les autres, sans connaître les requêtes à venir. Pour mesurer la performance d'un algorithme en ligne, on compare généralement la solution obtenue avec la solution optimale *hors ligne*, c'est-à-dire, celle qu'on aurait obtenue si l'on connaissait à l'avance l'intégralité des requêtes. Le ratio entre la solution de l'algorithme en ligne et la meilleure solution hors ligne *dans le pire des cas* est appelé le ratio de compétitivité C de l'algorithme. Ce cadre correspond au modèle adversarial, où l'on peut imaginer qu'un adversaire décide de requêtes à venir dans le but de faire échouer l'algorithme en ligne. Étudier le pire des cas fournit des garanties fortes, mais en général également des bornes inférieures décevantes sur la capacité à concevoir des algorithmes compétitifs. Or, l'étude des algorithmes en ligne est généralement motivée par des applications pour le monde réel, et les séquences de requêtes issues du monde réel sont rarement adversarial. Ces séquences sont généralement générées par des agents indépendants et possèdent certaines formes de régularité ou de prévisibilité. Une partie de mon travail IDEAS-NCBR à Varsovie est de tenter de répondre à la question suivante : peut-on proposer

des modèles moins pessimistes et applicables en pratique, pour l'étude d'algorithmes en ligne ? Nous nous sommes intéressés à deux classes de problèmes en particulier, le problème de la gestion du cache, et les problèmes en ligne avec délais.

Politiques de gestion du cache. De nos jours, le public choisit de rechercher des nouvelles et des informations en ligne, à tout moment et n'importe où. Grâce au développement rapide d'internet, des milliards d'utilisateurs se sont inscrits sur Google, Facebook, Twitter, YouTube, etc. et des milliers de demandes de ces utilisateurs sont envoyées aux serveurs de plateforme chaque seconde. Optimiser le temps de réponse moyen aux demandes des utilisateurs devient donc une question centrale pour la gestion de l'activité de la plateforme. À cette fin, le cache joue un rôle central. En effet, un serveur consiste schématiquement en deux types de mémoire : une mémoire centrale lente, et une mémoire rapide mais limitée appelée *cache*, étant un intermédiaire avec les utilisateurs. Lorsqu'un utilisateur envoie une requête au serveur, le serveur vérifie si la page en question est présente dans le cache, et si non, le serveur charge la page dans le cache depuis la mémoire centrale. Si le cache est plein, il faut *remplacer* une page présente dans le cache par la page demandée, et cela cause un délai pour l'utilisateur. Une bonne politique de remplacement de cache est essentielle pour améliorer l'efficacité d'un serveur. Le serveur peut également utiliser des stratégies de *prefetching* permettant d'anticiper les prochaines requêtes et éventuellement charger dans le cache des pages qui ont une forte probabilité d'être demandées prochainement. Les différentes politiques de remplacements et de prefetching sont bien comprises dans le modèle adversarial, mais ont été peu étudiées dans le cas où les requêtes suivent des propriétés stochastiques.

Dans une collaboration avec l'entreprise Huawei, qui nous a donné accès à des traces de leur serveurs, nous avons remarqué que les fréquences de ces requêtes correspondent à une distribution *Zipf* [Alm+01]. Nous avons étudié la performance des différentes stratégies classiques de gestion du cache en fonctions des paramètres de ces distributions, et proposé de nouvelles heuristiques réalisant de meilleures performances à ce cadre là. Nous espérons bientôt pouvoir tester nos stratégies sur des données réelles.

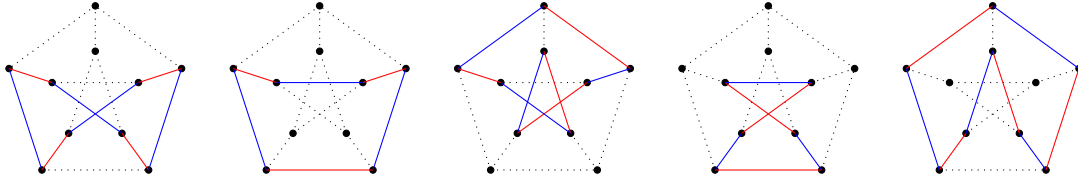
Problèmes en ligne avec délais. Les problèmes en ligne avec délais, récemment introduits par Emek et. al. [EKW16], modélisent la situation générale dans laquelle des requêtes arrivent au fil du temps et le rôle de la plateforme est de satisfaire ces requêtes à moindre coût. Pour réduire son coût, la plateforme peut choisir de servir un groupe de requêtes, plutôt que servir chaque requête individuellement. En contre-partie, vouloir trop grouper les requêtes peut entraîner l'insatisfaction des utilisateurs attendant d'être servi, ce qui est modélisé par un coût d'attente. Ces dernières années, différentes variantes de problèmes en ligne avec délais ont été proposées et étudiées dans le modèle adversarial : couplage parfait [EKW16; ACK17; Ash+17; BKS17; Bie+18; Liu+18; AJF20; ARV21], *online service* [Aza+17; BKS18; AT19], *multi-level aggregation* [Bie+16; Buc+17; Car+18; AT19; Bie+21; LWUX23], *facility location* [Bie+22; AT19; AT20], *bin packing* [Aza+19; Eps21], *set cover* [Aza+20; Tou21; LWUX23] et bien d'autres [MWW21; GKP20; AT20; Tou21; CKU22]. La compétitivité de ces problèmes dans le modèle adversarial est maintenant plutôt bien comprise. En particulier, ces travaux ont mis en évidence l'existence de bornes inférieures fortes sur la possibilité d'obtenir des algorithmes compétitifs dans ce cadre adversarial.

Une des directions à IDEAS-NCBR avec le groupe de Piotr Sankowski est d'étudier ces différents problèmes dans des modèles plus réalistes, et essayer d'établir des bornes supérieures fortes sur le ratio de compétitivité. Dans un travail qui sera bientôt présenté à AAMAS 2023 [Mar+22], nous nous sommes intéressés au problème de couplage parfait, qui a notamment des applications pour les plateformes type pôle-emploi, les plateformes de jeux en ligne, etc. Nous avons proposé un modèle stochastique pour le problème, ainsi deux algorithmes à compétitivité constante pour ce modèle stochastique. Nous étudions actuellement les variantes *multi-level aggregation* et *online service* dans ce modèle stochastique.

Problème de fixation de prix dans un marché.....

Nous avons récemment étudié, avec Christoph Dürr et Ulrike Schmidt-Kraepelin, un problème combinatoire où un vendeur doit décider du prix auquel vendre ses articles dans un marché où les clients arrivent un par un. Nous assumons que chaque client est intéressé par une paire d'article, et décide d'acheter ces deux articles s'ils sont toujours disponibles et si la somme des prix des deux articles n'excède pas son budget. Le but pour le vendeur est de décider du prix des articles de sorte à maximiser le nombre de transactions. Ce marché peut être modélisé par un graphe où les sommets représentent les articles et les arêtes les clients. Une fois les prix fixés, les arêtes dont le prix excède le budget du client correspondant sont supprimées. La séquence de transactions correspond à un couplage maximal dans ce sous-graphe. Maximiser le pire des cas (parmi tous les ordres possibles d'arrivée des clients) revient donc à

maximiser la taille du couplage maximal de taille minimum dans le sous-graphe induit par les prix. Pour mesurer la performance d'une stratégie de tarification, nous comparons la taille minimum d'un couplage maximal avec le couplage de taille maximum dans le graphe original. Il a été montré par Correa et al. [Cor+22] que le meilleur ratio possible est au moins $1/2$ et au plus $2/3$. Notre contribution à ce problème est triple : nous avons donné différentes caractérisations du sous-graphe induit par les prix, prouvé une meilleure borne supérieure de $5/3$ ainsi qu'une meilleure borne inférieure de $1/2 + 1/n$, où n est le nombre d'articles. Ce travail a été soumis à WG 2023 [DMS23].



légende : La borne supérieure de $5/3$ est réalisée par le graphe de Petersen. Pour établir cette borne, nous utilisons la caractérisation en termes de cycles alternants.

Bandits

Lors du lancement d'un nouveau produit, les entreprises sont confrontées à l'incertitude de la réception du marché. Dans ce contexte, les avis en ligne fournissent des informations précieuses non seulement aux consommateurs, mais aussi à l'entreprise, car en les suivant, elle peut ajuster les caractéristiques du produit, y compris son prix de vente. Lors de ma visite à *universidad de Chile*, nous avons examiné avec José Correa and Andrew Xia un modèle de tarification basé sur des avis en ligne dans lequel la qualité du produit est incertaine et où le vendeur et les acheteurs mettent à jour de façon bayésienne leur estimation de la qualité du produit pour prendre des décisions d'achat / de tarification. Naturellement, le problème peut être vu comme un problème de bandits. Dans ce problème, un joueur ne sait initialement pas si le produit est bon ou mauvais. Si le produit est bon, le joueur gagne un euro avec une probabilité p à chaque tour, tandis que s'il est mauvais, la probabilité de gagner un euro est $q < p$. À chaque instant, le joueur peut décider de jouer un tour de plus au coût de c (où $p > c > q$), ou d'arrêter de jouer pour toujours. Initialement, le joueur a une estimation x de la qualité du produit, c'est-à-dire que le joueur croit qu'avec une probabilité x la machine est bonne. Nous avons montré une étroite connexion entre le problème et les célèbres nombres de Catalan, ce qui nous permet de calculer efficacement le gain futur du joueur en moyenne. Avec cet outil, nous avons déterminé la stratégie de tarification dynamique optimale pour l'entreprise dans le problème de tarification original. Nous nous sommes également intéressé à la différence par rapport à la tarification statique optimale, en particulier vis-à-vis de la probabilité d'apprendre efficacement la qualité du produit. Ce travail a été présenté lors du workshop *Machine Learning for Economic Policy* à NeurIPS 2020 [CMX20].

Projet de recherche

Cette section présente mon projet de recherche, divisé en deux axes. J'y présente mes objectifs de long-terme (***), de moyen-terme (**), et de court-terme (*). Dans la dernière section, je décris comment j'envisage l'implantation de mon projet au sein du laboratoire et notamment de l'équipe AlgCO, et présente les futures collaborations locales et internationales que j'envisage.

Axe 1 : Ensemble d'objets géométriques indépendant

Le problème du stable maximum est un problème fondamental en optimisation combinatoire. Il fait notamment partie de la fameuse liste de 21 problèmes NP-complets établie par Karp [Kar72]. Dans un graphe, un ensemble indépendant, ou stable, est un ensemble de sommets n'induisant aucune arête. Dans le problème du stable maximum (MIS), le but est de déterminer un ensemble indépendant de cardinalité maximale. Ce problème est NP-complet et même difficile à approximer au delà d'un facteur $n^{1-\epsilon}$ [H96] (à moins que $P = NP$), où n est le nombre de sommets du graphe. Cela signifie que l'algorithme renvoyant un sommet arbitraire est essentiellement le meilleur algorithme d'approximation en temps polynomial pour MIS. Naturellement, cela a conduit les chercheurs à s'intéresser à l'approximabilité de MIS dans des classes de graphes restreintes.

Une des familles des classes de graphes les plus étudiées pour ce problème sont les graphes d'intersection d'objets géométriques. En effet, un stable dans le graphe d'intersection correspond à un ensemble d'objets deux-à-deux disjoints. Dans ce contexte géométrique, MIS possède de nombreuses applications : étiquetage de cartes [HH14 ; DF92], exploration de données [Fuk+96], allocation de ressources [LNO02]. Comprendre l'approximabilité de MIS dans ce cadre est donc à la fois une question naturelle et importante.

Le graphe d'intersection d'une famille d'ensembles³ \mathcal{P} est un graphe représentant les intersections entre les éléments de \mathcal{P} : chaque sommet correspond à un objet et deux sommets sont adjacents si les objets correspondant s'intersectent. Tout graphe avec m arêtes est un graphe d'intersection d'un ensemble de "boîtes" de dimension $O(\sqrt{m \log m})$ [CFS10 ; Esp16], et se restreindre à des objets de dimension 2 donne lieu aux classes de graphes d'intersection les plus étudiés : segments, disques, disques unité, carrés, rectangles. Dans chacun de ces cas, MIS reste NP-complet. L'approximabilité de MIS est bien comprise pour les classes d'intersection simples. Par exemple, quand les objets considérés sont des disques, carrés ou sont plus généralement des pseudo-disques, le problème admet un schéma d'approximation en temps polynomial (PTAS) [EJS05 ; CH12].

Les *polygones* induisent probablement la classe de graphes d'intersections d'objets de dimensions 2 la plus riche. La meilleure approximation de MIS connue à ce jour en temps polynomial pour la classe des polygones est $O(n^\epsilon)$, pour $\epsilon > 0$ arbitrairement petit [FP11]. D'un autre côté, il existe un schéma d'approximation en temps *quasi*-polynomial (QPTAS) pour le problème⁴ [AHW19]. Cela implique que le problème n'est pas APX-hard, à moins que $NP \not\subseteq DTIME(2^{polylog(n)})$, et suggère donc que de bien meilleures approximations en temps polynomial sont possible. L'objectif de long-terme de mon projet de recherche est le suivant.

Objectif *** : Concevoir un PTAS pour MIS dans les graphes d'intersection de polygones.

Pour attaquer cet objectif aujourd'hui insaisissable, je souhaite m'intéresser à des classes de polygones particuliers et notamment aux rectangles, étudier les différentes techniques algorithmiques (programmation linéaire, programme dynamiques géométriques, coloriage, etc.) qui ont été utilisées pour le problème, tenter de découvrir de nouvelles propriétés structurelles et combinatoires de ces classes d'objets, et tenter de développer de nouveaux outils algorithmiques et analytiques.

Le cas des rectangles.....

Les rectangles (dont les côtés sont parallèles aux axes) sont probablement les objets géométriques les plus simples pour lesquels l'approximabilité de MIS est encore mal comprise. L'existence d'une approximation constante en temps polynomial est restée pendant longtemps une question ouverte importante. Après une longue séquence de travaux améliorant successivement le ratio d'approximation, Mitchell [Mit21] a récemment présenté un algorithme en temps polynomial avec un ratio d'approximation de 10. Son algorithme utilise une décomposition récursive du plan en polygones de complexité constante⁵. Avec mes co-auteurs, nous avons étudié la technique de Mitchell et sommes

3. on peut imaginer qu'un objet géométrique correspond à l'ensemble des points qui le compose.

4. leur résultat est plus généralement vrai pour la version pondérée de MIS.

5. pour plus de détails, voir la section "Ensemble de rectangles indépendant maximum" de la présentation de mes travaux.

parvenus à concevoir un algorithme en temps polynomial avec un ratio d'approximation de $(2 + \epsilon)$ [GKS22]. Il semble qu'améliorer davantage ce ratio nécessite de nouvelles idées.

Objectif ** : Concevoir un PTAS pour MIS dans les graphes d'intersection de rectangles axes-parallèles.

Conjecture concrète. Je conjecture que l'algorithme de programmation dynamique utilisé dans [Gál+22] a en réalité un ratio d'approximation de $(1 + \epsilon)$. Toute la difficulté est d'analyser son ratio d'approximation. Pour cela, une observation intéressante que j'aimerais essayer d'exploiter est que les instances pour lesquelles notre analyse donne un ratio d'approximation proche de 2 sont des instances possédant certaines propriétés de symétrie. En exploitant cette symétrie dans des cas particuliers, il est possible d'analyser l'algorithme différemment et d'argumenter que le ratio d'approximation est en réalité de $1 + \epsilon$.

Segments verticaux et horizontaux. Pour améliorer le ratio d'approximation, on peut commencer par un cas particulier du problème, celui des graphes d'intersections de segments verticaux et horizontaux. Pour ce cas particulier⁶, il existe une 2-approximation presque évidente⁷ et étonnamment, c'est la meilleure approximation en temps polynomial connue à ce jour.

Objectif * : Concevoir un algorithme de α -approximation pour MIS dans les graphes d'intersection de segments verticaux et horizontaux, avec $\alpha < 2$.

Je me suis intéressé au gap du programme linéaire associé et j'ai réalisé qu'il existe des instances pour lesquelles ce gap peut-être arbitrairement proche de 2, ce qui malheureusement réduit la possibilité d'améliorer le ratio d'approximation en utilisant sa formulation linéaire.

S'affranchir de la représentation. Les différents algorithmes d'approximation constante pour MIS dans la classe des rectangles nécessitent la donnée des coordonnées des rectangles.

Objectif */** : Concevoir une $O(1)$ -approximation pour MIS dans les graphes d'intersection de rectangles, lorsque seulement le graphe d'intersection est fourni en entrée.

Il faut noter que reconnaître un graphe d'intersection de rectangle est NP-complet [Kra94].

Généraliser l'approche de Mitchell.

Je voudrais m'intéresser aux limites de l'approche de Mitchell. Nous nous sommes déjà intéressés à son efficacité en proposant une $(2 + \epsilon)$ -approximation pour les rectangles [Gál+22]. Je voudrais également comprendre à son étendue :

Objectif * : Dans quelle classe de polygones l'approche de Mitchell peut être utilisée/adaptée pour obtenir un ratio d'approximation meilleur que $O(n^\epsilon)$?

J'ai identifié deux limites potentielle à l'approche de Mitchell : le nombre de directions des côtés des polygones en entrée et leur convexité.

Restreindre le nombre de directions. Dans une collaboration que j'ai commencé avec le groupe de Fabrizio Grandoni à Lugano (Suisse), nous nous intéressons au cas des polygones convexes utilisant un nombre constant de directions. Le cas des polygones est incroyablement plus technique que celui des rectangles, mais les idées de Mitchell combinées aux nôtres semblent fonctionner dans ce cadre plus général que les rectangles. Nous conjecturons l'existence d'un algorithme pour MIS dont le ratio d'approximation est linéairement borné par le nombre de directions.

Il faut noter que sans restrictions sur le nombre de directions, même dans le cas de segments, la meilleur ratio d'approximation connue est $O(n^\epsilon)$ [FP11]. Améliorer cette borne supérieure semble nécessiter de nouvelles idées.

Objectif * : Obtenir un algorithme en temps polynomial avec un ratio $O(\text{polylog}(n))$ pour MIS de segments de directions arbitraires.

6. La longueur ou la largeur de chaque rectangle en entrée est égale à 1.

7. indice : s'il n'y a que des segments verticaux, le problème est dans P.

Cas non-convexe. Pour que l'approche de Mitchell fonctionne, la convexité des objets géométriques considérés semble importante. Il serait intéressant de se pencher sur le cas d'objets géométriques simples et non-convexes, comme les polygones orthogonaux à 6 côtés (en forme de L).

Objectif * : Obtenir un algorithme en temps polynomial avec un ratio d'approximation constant pour MIS de polygones orthogonaux à 6 côtés.

Version pondérée.....

Dans la version pondérée du problème du stable maximum (MWIS), chaque sommet du graphe a un poids et le but est de calculer un stable de poids maximum. Le QPTAS pour les polygones fonctionne également pour la version pondérée du problème [AHW19]. On s'attend donc également à l'existence d'un PTAS dans ce cadre plus général. Je souhaite en premier lieu m'intéresser à MWIS dans les graphes d'intersections de rectangles. Le meilleur ratio d'approximation connu est $O(\log \log n)$ et est dû à Chalermsook et Walczak [CW].

Objectif ** : Concevoir un algorithme en temps polynomial avec un ratio d'approximation constant pour MWIS dans les graphes d'intersection de rectangles axes-parallèles.

Malheureusement, la technique de Mitchell ne semble pas fonctionner pour la version pondérée.

Nombre chromatique. Pour obtenir une $O(\log \log n)$ -approximation, l'approche développée par Chalermsook et Walczak consiste à colorier en temps polynomial le graphe d'intersection de rectangles avec $O(\omega \log \omega)$ couleurs, où ω est la taille d'une clique maximum dans le graphe d'intersection. Ce coloriage sert ensuite à guider l'arrondissement d'un programme linéaire associé pour finalement obtenir l'approximation désirée. Il est conjecturé que que seulement $O(\omega)$ couleurs sont nécessaires pour colorier un graphe d'intersection de rectangles dont la clique maximum a taille ω . Ce problème n'est pas seulement important pour l'algorithmique, mais également pour les mathématiques discrètes : c'est une question centrale dans l'étude des classes de graphes possédant la propriété de χ -boundedness, un domaine qui a reçu beaucoup d'attention.

Objectif ** : Prouver que le nombre chromatique d'un graphe d'intersection de rectangles est linéairement majoré par la taille de la clique maximum.

Prouver cette conjecture impliquerait l'existence un algorithme d'approximation constante pour le problème de l'indépendant de poids maximum. Lors d'une visite de quelques jours à l'université Jagiellonian de Cracovie, nous avons échangé avec Bartosz Walczak sur cette question de coloriage. Dans leur preuve [CW], les rectangles sont partitionnés en différentes couches et un ensemble différent de couleurs est utilisé pour chaque couche. Nous avons remarqué que certaines couleurs pourraient probablement être réutilisée dans différentes couches. Formaliser cette observation pourrait permettre de réduire le nombre de couleurs à $O(\omega)$. Un premier pas pourrait consister à interdire certains types d'intersection entre les rectangles en entrée. Par exemple, dans le cas particulier où les coins nord-est et sud-ouest de chaque rectangle ne sont contenus dans aucun autre rectangle, la meilleure borne connue du nombre chromatique suffisant est seulement $O(\omega \log \omega)$.

Maximiser l'aire. Un cas particulier naturel de pondération est celui où le poids d'un rectangle correspond à son aire. Comme pour le cas général, la meilleure approximation connue en temps polynomial est $O(\log \log n)$.

Objectif * : Concevoir un algorithme en temps polynomial avec un ratio d'approximation constant pour calculer l'aire maximale couverte par un ensemble de rectangle indépendant.

Je conjecture qu'avec quelques idées supplémentaires, l'approche de Mitchell devrait fonctionner pour cette variante de MIS.

Problèmes connexes.....

Je souhaite m'intéresser à deux problèmes d'optimisation connexes à celui du stable maximum : Le *minimum hitting set* et le problème de *packing*.

Minimum hitting set. Le problème dual⁸ est le *minimum hitting set* (MHS). Dans ce problème, le but est de calculer un ensemble de points de cardinalité minimale de sorte que chaque rectangle contienne au moins un de ces points.

Une question combinatoire intéressante est de majorer le ratio entre la taille d'un stable maximum et celle d'un *minimum hitting set*. Wegner a conjecturé que ce ratio est au plus 2 [Weg65], et cette borne a été démontrée dans quelques cas particuliers, notamment lorsque chaque rectangle touche une même diagonale [CFS14].

Objectif ** : Prouver la conjecture de Wegner. Dans une moindre mesure, prouver que le programme linéaire pour MIS avec contraintes de clique a un gap d'intégralité constant.

Un de mes premiers objectifs serait de prouver cette borne dans d'autres cas particuliers, par exemple quand certains types d'intersections sont interdits.

On peut aussi s'intéresser à l'approximabilité de MHS pour les rectangles. Il est conjecturé que le problème admette un algorithme d'approximation constant et le meilleur ratio d'approximation connu à ce jour est $O(\log \log OPT)$ [AES10]. Le coeur de leur approche est de montrer l'existence d'un ϵ -net de taille $O(\frac{1}{\epsilon} \log \log \frac{1}{\epsilon})$ pour la classe des rectangles (axe-parallèles). L'existence de petit ϵ -nets implique l'existence de petit *hitting sets* [ERS05]. En particulier, l'existence d' ϵ -nets de taille $O(\frac{1}{\epsilon})$ impliquerait une $O(1)$ -approximation pour MHS en temps polynomial.

Objectif ** : Construire un ϵ -net de taille $O(1/\epsilon)$ pour un ensemble arbitraire de rectangles. Dans une moindre mesure, concevoir une $O(1)$ -approximation pour MHS.

Nous étudions actuellement cette direction dans des cas particuliers avec Nima Khodaveisi et Shanli Alefkhani, deux étudiants stagiaires.

Packing. Dans la variante *packing* de MIS de rectangles, les rectangles en entrée ont la possibilité d'être translattés et le but est d'en placer un nombre maximum sans chevauchements à l'intérieur d'une boîte donnée. On peut autoriser ou non la rotation des rectangles. Ces deux problèmes (avec et sans rotation) admettent un QPTAS⁹ [AW15], mais aucun PTAS n'est connu à ce jour.

Objectif * :** Construire un PTAS pour le problème de *packing* de rectangles.

Il existe des algorithmes en temps polynomial dont le ratio d'approximation est < 2 pour les différentes variations¹⁰ du problème (par exemple [Gál+17] et les références associées). Dans le cadre de la complexité paramétrée, un schéma d'approximation paramétré¹¹ (PAS) est connu si l'on autorise la rotation [GKW19]. Malheureusement, la technique utilisée dans [GKW19] ne semble pas généralisable au cas sans rotations.

Objectif * : Construire un PAS pour le problème de *packing* de rectangles sans rotations.

Récemment, j'ai co-encadré (avec Michał Pilipczuk) le stage de Master de Timothé Picavet, et cet objectif a été l'objet du stage de Timothé. Nous avons déjà résolu cette question dans le cas particulier où les rectangles sont plus large que haut. Concevoir ce PAS dans ce cas particulier s'est avéré être déjà particulièrement technique. Nous espérons bientôt aboutir à un PAS dans le cas général.

Axe 2 : Chemins disjoints

Le problème des chemins disjoints (DP) est un problème fondamental d'algorithmique des graphes possédant de nombreuses applications pour notamment les réseaux de transport et l'intégration à très grande échelle (VLSI). Il est également au coeur de la théorie des mineurs de graphe de Robertson et Seymour. Ce problème a été très étudié et la complexité du problème de décision est maintenant plutôt bien comprise. Mon projet de recherche concerne l'étude de la complexité et de l'approximabilité de deux versions d'optimisation du problème : celle où l'on souhaite maximiser le nombre de paires de terminaux connectés, et celle où le but est de minimiser la somme des longueurs des chemins.

8. du point de vue de la programmation linéaire. Il faut considérer la formulation de MIS avec une contrainte pour chaque clique. Noter qu'il existe un nombre polynomial de cliques maximales pour l'inclusion.

9. sous l'hypothèse que les longueurs et largeurs des rectangles sont des entiers et que la taille de la boîte est $O(n^{\text{poly}(\log n)})$ où n est le nombre de rectangles en entrée.

10. avec ou sans pondération, et avec ou sans rotations.

11. une $(1 + \epsilon)$ -approximation en temps $f(k, 1/\epsilon)n^{g(1/\epsilon)}$.

Maximiser le nombre de paires connectées.....

Dans cette version (MEDP), étant donné un graphe G et une famille H de paires de terminaux, le but est de déterminer un sous-ensemble $H' \subseteq H$ de taille maximale et un ensemble de chemins disjoints connectant chaque paires de H' . On peut s'intéresser à la version arêtes-disjointes ou à la version sommets-disjointes. En général, il existe une réduction entre les deux problèmes, mais cette réduction ne préserve pas la planarité. Dans ce projet, je m'intéresse principalement à la version arêtes-disjointes (MEDP). Ce problème est un cas particulier du problème de multiflot entier maximum. Même quand G est planaire et tous les sommets ont degré au plus 3, il n'existe pas d'algorithme d'approximation en temps polynomial avec un ratio $n^{o(1/\sqrt{\log n})}$, où n est le nombre de sommets, à moins que $NP \subseteq DetTIME(n^{O(\log n)})$ [CKN17]. Ainsi, pour espérer obtenir des approximations fortes pour MEDP, il faut s'intéresser à des classes d'instances encore plus restreintes. Comme le suggère l'existence d'algorithmes d'approximation constante dans le cas où $G + H$ est planaire [Hua+21a], [GKS22; STV], la structure induite par les paires de terminaux joue un rôle important dans l'approximabilité de MEDP.

Quand $G + H$ est planaire. Une question encore ouverte aujourd'hui concerne le cas particulier où en plus d'avoir $G + H$ planaire, nous imposons que H soit contenu dans une phase de G . Dans ce cas, il se trouve que la condition de coupe¹² est nécessaire [KP92b]. Je conjecture qu'il existe un algorithme en temps polynomial pour calculer le plus grand sous-ensemble de H vérifiant la condition de coupe. Cela impliquerait que dans ce cas particulier le problème MEDP est dans P.

Objectif * : Concevoir un algorithme en temps polynomial pour MEDP dans le cas où $G + H$ est planaire et H est contenu dans une face de G .

Réfuter la conjecture en prouvant que MEDP est NP-difficile dans ce cas particulier serait également intéressant puisque ça montrerait l'existence d'un cas pour lequel les complexités de EDP et MEDP sont différentes¹³. Dans le cas général où $G + H$ est planaire, calculer le sous-ensemble de paires de cardinalité maximum vérifiant la condition de coupe est un problème NP-difficile [Hua+21a] et la réduction en question ne fonctionne pas dans le cas où H est contenu dans un nombre constant de faces de G . Noter que dans le cas où G est planaire, tous les terminaux sont incident à une seule face de G , mais $G + H$ n'est pas nécessairement planaire, alors le problème est NP-complet [Sch09].

Quand $G + H$ est plongé dans une surface orientable. Dans [Hua+21b], nous avons présenté un algorithme de $O(g^2)$ -approximation pour MEDP quand $G + H$ est plongé dans une surface orientable de genre $g \geq 0$. Je conjecture que ce ratio d'approximation peut être amélioré en utilisant les techniques présentée dans [Hua+21b] et [Mar20].

Objectif * : Réduire le ratio d'approximation à $O(g)$ dans le cas où $G + H$ est de genre $g \geq 0$.

Cette question est intimement liée au problème de coloriage suivant. Étant donnée une surface orientable de genre g , et une famille Γ de cycles simples se croisant¹⁴ deux-à-deux au plus une fois, quelle est le nombre minimal de couleurs $\chi(\Gamma, g)$ nécessaire pour que deux cycles qui se croisent n'aient pas la même couleur? Comme je l'ai montré dans ma thèse [Mar20], le gap est au plus $\chi(\Gamma, g)$. Je conjecture que $\chi(\Gamma, g) = O(g)$.

Quand $G + H$ est plongé dans une surface non-orientable. Une autre direction est d'améliorer le ratio d'approximation de MEDP quand $G + H$ est plongé dans une surface non-orientée. La meilleure borne connue dans ce cas est la même que pour un graphe arbitraire, c'est-à-dire $O(\sqrt{n})$, où n est le nombre de sommets [CSW13].

Objectif * : Étudier l'approximabilité de MEDP que $G + H$ est plongé dans une surface non-orientée.

Pour ce cas des surfaces non-orientables, nous ne pouvons a priori pas arrondir le multiflot maximum, puisque le gap d'intégralité du programme linéaire associé peut être aussi grand que $\Theta(\sqrt{n})$, même quand $G + H$ est plongé dans le plan projectif [Hua+21b]. Le développement de nouvelles approches pour borner la valeur de la solution optimale sans utiliser la valeur du multiflot fractionnaire pourrait également conduire à des meilleurs facteurs d'approximation pour le cas orientable.

12. Si G, H admet un solution réalisable, alors pour toute coupe C de $G + H$, $|C \cap E(G)| \geq |C \cap E(H)|$. Voir la section "Travaux de recherche effectués" pour plus de détails.

13. la condition de coupe étant nécessaire et suffisante, et que l'on peut vérifier cette condition en temps polynomial, dans ce cas particulier, EDP est dans P.

14. pour une définition formelle de *crossing*, voir [Hua+21b].

Minimisation de la distance totale des chemins

Une version optimisation du problème des chemins disjoints qui est encore très peu comprise est celle où étant donné un graphe avec n sommets et k paires de terminaux, le but est de déterminer un ensemble de chemins disjoints connectant les paires de terminaux minimisant la somme des longueurs des chemins. Le cadre d'étude naturel pour cette version minimisation (mDP) est l'ensemble des cas où le problème initial des chemins disjoints (DP) est dans P, par exemple lorsque k est une constante et que le graphe est non-dirigé [RS95]. Lorsque le graphe est dirigé, DP est NP-difficile même pour $k = 2$ [FW80]. Le problème mDP a été étudié dans différents cas particuliers. Björklund et Husfeldt [BH14] ont présenté un algorithme de type Monte Carlo pour des graphes arbitraires quand $k = 2$. Colin de Verdière et Schrijver [VS11] ont présenté un algorithme en temps $O(kn \log n)$ lorsque le graphe est dirigé et planaire, que toutes les sources sont incidentes à une face, et que tous les puits sont incidents à une autre face. Kobayashi et Sommer [KS10] ont proposé un algorithme en temps polynomial quand $k \leq 3$ lorsque le graphe est planaire, non-dirigé, et que tous les terminaux sont incidents à la même face. Pour le cas particulier où le but est de décider l'existence de plus-court-chemins connectant les terminaux, Lochet [Loc21] a proposé un algorithme en temps $n^{f(k)}$ dans des graphes arbitraires.

Dans mon projet de recherche, je souhaite m'intéresser à l'étude de la complexité de mDP sur les graphes planaires (et non-dirigés), un cadre naturel pour le problème qui possèdent diverses propriétés structurelles potentiellement exploitables.

Objectif ** : Concevoir un algorithme en temps $n^{f(k)}$ pour mDP lorsque le graphe est planaire.

L'algorithme de Björklund and Husfeldt [BH14] pour le cas $k = 2$ souffre de deux défauts : il est randomisé et non-combinatoire puisqu'il repose sur du calcul matriciel. Une particularité de cet algorithme est qu'il permet additionnellement de compter le nombre de solutions. Mon impression est que cette propriété rend cette technique "trop puissante" pour espérer être généralisable à un nombre arbitraire de terminaux. Dans mon projet, j'aimerais développer une approche combinatoire pour le problème.

Objectif * : Pour $k = 2$, concevoir un algorithme combinatoire déterministe en temps polynomial pour mDP.

Un algorithme déterministe est connu dans le cas particulier où le graphe est planaire et cubique [BH18], mais repose également sur des techniques algébriques.

Pendant mon postdoc, dans une collaboration que j'ai entreprise avec Piotr Sankowski, Michał Pilipczuk et Anish Mukherjee, nous avons commencé à explorer les pistes suivantes. Notamment, nous avons essayé d'exploiter le fait qu'il existe un algorithme en temps $f(t, w)n^{O(1)}$ lorsque le graphe a une largeur d'arbre (*treewidth*) au plus w .

Sommet non-pertinent. Identifier un sommet non-pertinent (*irrelevant vertex*) est une approche classique pour le problème original des chemins disjoints (DP). Cette technique consiste à identifier un sommet tel que sa suppression crée une instance équivalente du problème, et argumenter qu'un tel sommet existe dès lors que le graphe a une grande largeur d'arbre. Mon intuition est que cette propriété doit être également vraie pour mDP, au moins dans les graphes planaires. Dans les graphes planaires de grande largeur d'arbre, on peut identifier une longue séquence de cycles imbriqués dont l'union ne contient aucun terminal. On peut alors argumenter que tout ensemble de chemins connectant les terminaux peut être reconnecté (à l'intérieur de cette union) afin d'éviter le sommet central. La difficulté pour la version minimisation est de construire une telle séquence de cycles possédant des propriétés supplémentaires quant à leur longueur. En effet, il faut que la solution reconnectée soit au plus aussi longue que la solution initiale.

Décomposition du graphe. Une deuxième direction serait d'essayer de développer des techniques de décomposition de graphes planaires compatibles avec le problème. Notamment j'aimerais identifier des propriétés relatives à l'intersection d'une solution optimale avec des familles de géodésiques. Nous nous sommes par exemple intéressés à une partition du graphe en géodésiques dont le quotient a largeur d'arbre au plus 8 [PS21], mais sans succès jusque là.

Réduction à un problème de flot. J'aimerais essayer de concevoir un algorithme qui devinerait un nombre constant de points empruntés par une solution optimale fixée, et d'utiliser ces points pour définir des instances "indépendantes" sur lesquelles appliquer un algorithme de flot de poids minimum. Pour illustrer mon idée dans le cas $k = 2$, en utilisant un algorithme classique de flot de poids minimum, on peut calculer en temps polynomial deux chemins disjoints

reliant $\{s_1, t_1\}$ à $\{s_2, t_2\}$. Si les chemins relient s_1 à t_1 et s_2 à t_2 on a gagné. Autrement, $\{(s_1, t_1), (s_2, t_2)\}$ est une “mauvaise” instance. Mon objectif serait d’identifier un nombre constant de points de manière à ce que la solution optimale corresponde à une famille de “bonnes” instances “indépendantes”.

Implantation du projet

L’équipe AIGCo (algorithmes, graphes et combinatoire) me paraît être le cadre idéal pour poursuivre mes recherches et mener à bien le projet décrit plus haut. En effet, mon projet s’intègre très bien dans deux thèmes majeurs de l’équipe : *Décompositions de graphes, algorithmes exacts, complexité paramétrée et kernelization* et *Graphes dans les structures topologiques, cartes combinatoires, graphes plongés et leurs structures orientées*. Si j’étais recruté, je pense notamment pouvoir apporter à AIGCo des questions relatives à la géométrie algorithmique, une thématique assez peu représentée actuellement.

Collaborations AlgCo

La collaboration la plus naturelle me paraît d’abord être avec Dimitrios Thilokos, qui fut examinateur de ma thèse, et avec qui je partage de très nombreux thèmes de recherche (algorithmes d’approximations, théorie des graphes, problèmes des chemins disjoints, graphes d’intersection d’objets géométriques). Il est un expert du problème des chemins disjoints et notamment des techniques liées aux sommets non-pertinents dans les graphes planaires, sujet au coeur de l’axe 2 de mon projet de recherche.

Avec William Lochet, nous partageons un intérêt commun pour la version minimisation du problème des chemins disjoints. J’aimerais discuter avec lui de son papier [Loc21] et voir en quoi les techniques qu’il a développées, ainsi que son expertise en complexité paramétrée, pourraient contribuer aux directions présentées dans l’axe 2 de mon programme de recherche.

L’équipe AlgCo regroupe de nombreux experts en théorie de graphes (Daniel Gonçalves, Mickael Montassier, Pascal Ochem, Stéphane Bessy, Alexandre Pinlou, Petru Valicov) notamment concernant les propriétés structurelles et combinatoires des graphes planaires et graphes d’intersection d’objets géométriques. Ces deux types de graphes sont au coeur de mon programme de recherche et je suis persuadé que la combinaison de leur expertise et de mes intérêts plus algorithmiques pourraient être la source de collaborations fructueuses. Je suis par exemple intéressé par un très récent projet de Daniel Gonçalves et Pascal Ochem concernant l’étude des graphes de contact de boîtes [GLO23]. L’étude de ce type de graphes dans le cas de la dimension 2 pourrait permettre une analyse plus fine du ratio d’approximation du programme dynamique géométrique dans [Gal+22] que je conjecture être un PTAS pour MIS de rectangles (voir axe 1).

Je note également les noms de Christophe Paul et Ignasi Sau avec qui je partage divers sujets d’intérêts : complexité paramétrée, optimisation combinatoire et théorie des graphes.

Collaborations internationales

En complément des collaborations locales que j’envisage, je souhaite poursuivre mes travaux en collaboration avec les chercheurs de IDEAS-NCBR concernant principalement l’axe 3 de la description de mes travaux effectués. Nous envisageons d’ailleurs de commencer dans quelques mois une collaboration avec l’université Sapienza à Rome, et notamment l’équipe de Stefano Leonardi, un des meilleurs groupes en Europe concernant l’algorithmique en lien avec le monde économique.

J’espère également pouvoir continuer à travailler avec Michał Pilipczuk, avec qui nous avons collaboré sur des sujets relatifs à la géométrie algorithmiques ainsi qu’au problème des chemins disjoints sur les graphes planaires.

Je collabore actuellement avec l’équipe de Fabrizio Grandoni à Lugano (Suisse) concernant le problème MIS pour la classe des polygones, et le travail que nous entreprenons suggèrent déjà d’autres pistes de recherche à poursuivre.

Des collaborations avec ces groupes seraient également l’occasion de travailler sur mon projet, demander des financements communs, etc., autant d’actions profitables au LIRMM.

Ma personnalité

Dans cette section je donne des aspects de mes caractéristiques de chercheur, ma façon de travailler ainsi les raisons qui me font aimer mon travail.

Les problèmes qui m’intéressent. Les challenges me stimulent et j’aime m’attaquer à des problèmes importants et difficiles, dont la résolution nécessite a priori le développement de nouvelles idées et de nouvelles techniques. Je suis prêt à investir du temps à explorer des problèmes difficiles, quitte à ce que cette recherche ne mène nulle

part et se répercute sur le nombre de mes publications. J'ai un attrait particulier pour les problèmes qui me poussent à découvrir de nouvelles techniques pour la conception et l'analyse des algorithmes, car cela me permet d'élargir mon répertoire d'outils. J'aime les problèmes algorithmiques possédant beaucoup de structure (graphes planaires, problèmes géométriques, etc) et essayer d'exploiter ces propriétés structurelles pour concevoir des outils algorithmiques. Je n'ai pas peur des problèmes très techniques, nécessitant des preuves longues et complexes (par exemple [Gál+22; CMW20; KMZ20]). J'ai un certain goût pour l'étude des algorithmes "simples" (gloutons, programme dynamique) dont l'analyse est complexe [Mar20; Gál+22; Hua+19].

Résolution de problèmes. En général, je me considère plutôt comme un *problem solver* : dans la résolution d'un problème donné, j'aime m'attaquer à des conjectures concrètes (formulées par moi-même ou d'autres chercheurs/collaborateurs) et essayer de les démontrer ou de les réfuter. J'aime construire des contre-exemples. Cela me permet de comprendre des propriétés du genre d'outil à développer pour résoudre le problème. J'essaie de formuler des conjectures concrètes à l'aide des différentes techniques de mon répertoire d'outils. Lorsque qu'une approche développée par d'autres me semble prometteuse pour la résolution de mon problème, je m'efforce de lire en profondeur les papiers en questions jusqu'à ce que je saisisse tout le potentiel de la technique en question. Cela m'a d'ailleurs plusieurs fois conduit à découvrir dans des papiers publiés des erreurs subtiles remettant en question la validité du résultat principal [PT02],[HY95b]. Je suis passionné : lorsque mon esprit piqué par une certaine question, j'ai du mal à ne pas y penser tout le temps. Plusieurs de mes résultats principaux ont été l'aboutissement d'une nuit blanche de réflexion. Lorsque j'aboutis à une solution, je ne m'arrête pas là, et prends le temps d'exploiter tout le potentiel de mon idée. Je préfère un algorithme simple dont l'analyse est complexe plutôt que l'inverse.

Collaborations. Je trouve le travail en équipe à la fois stimulant et motivant. Je considère que les discussions, les partages d'idées, d'observations, de conjecture, sont des facteurs de la réussite d'un projet. Je suis très ouvert au voyage, et aux nouvelles collaborations (Afrique du Sud, Angleterre, Chili, états-unis, Allemagne, Suisse, Pologne). J'ai une nature plutôt sociable et suis attentif ce que les gens autour de moi peuvent m'apporter. Je suis en général curieux de connaître les sujets de recherche de mes collègues, même s'ils s'intéressent à des thématiques éloignées des miennes. Pendant ma thèse, j'ai notamment co-organisé une journée des doctorants financée par la SIF qui avait pour objectif de faire se rencontrer des doctorants en France, toutes thématiques confondues, autour d'exposés et d'activités ludiques en lien avec la recherche.

Communication. J'apporte beaucoup d'attention à la rédaction de mes papiers. J'aime prendre le temps d'écrire des preuves rigoureuses, modulaires, et bien structurées. Je n'hésite pas à réécrire une preuve si je réalise qu'une meilleure structure permettrait de mettre encore plus en valeur la conjonction des différentes idées permettant de démontrer un certain théorème. Je m'applique dans le choix des notations et des définitions. Je fais notamment attention au lien signifiant-signifié des objets utilisés et à l'ordre de présentation des idées, afin de faciliter la lecture et l'appropriation des idées par le lecteur. Mes papiers contiennent généralement beaucoup de figures soignées, afin d'aider visuellement le lecteur dans sa compréhension (par exemple [Gál+22; Hua+19; KMZ20]). J'aime quand mes papiers possèdent une certaine dimension esthétique. Finalement, comme ça a été noté dans mon rapport de soutenance de thèse, lorsque je donne un exposé, j'essaie au plus possible d'adapter mon discours au niveau d'expertise de l'audience même quand cette audience est plurielle. Je suis également ouvert à des expériences de vulgarisation scientifique (voir par exemple cet [article de blog](#)).

Références bibliographiques personnelles

- [CMX20] Jose CORREA, Mathieu MARI et Andrew XIA. “Dynamic pricing with Bayesian updates from online reviews”. In : *Machine Learning for Economic Policy at NeurIPS 2020*. 2020.
- [CMW20] Andrés CRISTI, Mathieu MARI et Andreas WIESE. “Fixed-Parameter Algorithms for Unsplittable Flow Cover”. In : *37th International Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science, STACS 2020, March 10-13, 2020, Montpellier, France*. Sous la dir. de Christophe PAUL et Markus BLÄSER. T. 154. LIPIcs. Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum für Informatik, 2020, 42:1-42:17.
- [CMW23] Andrés CRISTI, Mathieu MARI et Andreas WIESE. “Fixed-Parameter Algorithms for Unsplittable Flow Cover”. In : *Theory Comput. Syst.* 67.1 (2023), p. 89-124.
- [DMS23] Christoph DÜRR, Mathieu MARI et Ulrike SCHMIDT-KRAEPELIN. “On price-induced minmax matchings”. In : *CoRR abs/2302.11902* (2023).
- [Gál+22] Waldo GÁLVEZ, Arindam KHAN, Mathieu MARI, Tobias MÖMKE, Madhusudhan Reddy PITTU et Andreas WIESE. “A 3-Approximation Algorithm for Maximum Independent Set of Rectangles”. In : *Proceedings of the 2022 ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms, SODA 2022, Virtual Conference / Alexandria, VA, USA, January 9 - 12, 2022*. Sous la dir. de Joseph (Seffi) NAOR et Niv BUCHBINDER. SIAM, 2022, p. 894-905.
- [Hua+19] Chien-Chung HUANG, Mathieu MARI, Claire MATHIEU, Joseph S. B. MITCHELL et Nabil H. MUSTAFA. “Maximizing Covered Area in the Euclidean Plane with Connectivity Constraint”. In : *Approximation, Randomization, and Combinatorial Optimization. Algorithms and Techniques, APPROX/RANDOM 2019, September 20-22, 2019, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA*. Sous la dir. de Dimitris ACHLIOPTAS et László A. VÉGH. T. 145. LIPIcs. Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum für Informatik, 2019, 32:1-32:21.
- [Hua+21a] Chien-Chung HUANG, Mathieu MARI, Claire MATHIEU, Kevin SCHEWIOR et Jens VYGEN. “An Approximation Algorithm for Fully Planar Edge-Disjoint Paths”. In : *SIAM J. Discret. Math.* 35.2 (2021), p. 752-769.
- [Hua+21b] Chien-Chung HUANG, Mathieu MARI, Claire MATHIEU et Jens VYGEN. “Approximating Maximum Integral Multiflows on Bounded Genus Graphs”. In : *48th International Colloquium on Automata, Languages, and Programming, ICALP 2021, July 12-16, 2021, Glasgow, Scotland (Virtual Conference)*. Sous la dir. de Nikhil BANSAL, Emanuela MERELLI et James WORRELL. T. 198. LIPIcs. Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum für Informatik, 2021, 80:1-80:18.
- [KMZ20] Piotr KRZYSTA, Mathieu MARI et Nan ZHI. “Ultimate greedy approximation of independent sets in subcubic graphs”. In : *Proceedings of the 2020 ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms, SODA 2020, Salt Lake City, UT, USA, January 5-8, 2020*. Sous la dir. de Shuchi CHAWLA. SIAM, 2020, p. 1436-1455.
- [Mar+22] Mathieu MARI, Michal PAWLOWSKI, Runtian REN et Piotr SANKOWSKI. “Online matching with delays and stochastic arrival times”. In : *CoRR abs/2210.07018* (2022).

Autres références bibliographiques

- [AHW19] Anna ADAMASZEK, Sarel HAR-PELED et Andreas WIESE. “Approximation Schemes for Independent Set and Sparse Subsets of Polygons”. In : *J. ACM* 66.4 (2019), 29:1-29:40.
- [AW15] Anna ADAMASZEK et Andreas WIESE. “A quasi-PTAS for the Two-Dimensional Geometric Knapsack Problem”. In : *Proceedings of the Twenty-Sixth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms, SODA 2015, San Diego, CA, USA, January 4-6, 2015*. Sous la dir. de Piotr INDYK. SIAM, 2015, p. 1491-1505.
- [Alm+01] Jussara M. ALMEIDA, Jeffrey KRUEGER, Derek L. EAGER et Mary K. VERNON. “Analysis of educational media server workloads”. In : *Network and Operating System Support for Digital Audio and Video, 11th International Workshop, NOSSDAV 2001, Port Jefferson, NY, USA, June 25-26, 2001, Proceedings*. ACM, 2001, p. 21-30.
- [AES10] Boris ARONOV, Esther EZRA et Micha SHARIR. “Small-Size ϵ -Nets for Axis-Parallel Rectangles and Boxes”. In : *SIAM J. Comput.* 39.7 (2010), p. 3248-3282.

- [Aro98] Sanjeev ARORA. "Polynomial Time Approximation Schemes for Euclidean Traveling Salesman and Other Geometric Problems". In : 45.5 (1998). *FOCS'96*, p. 753-782.
- [Ash+17] Itai ASHLAGI, Yossi AZAR, Moses CHARIKAR, Ashish CHIPLUNKAR, Ofir GERI, Haim KAPLAN, Rahul MAKHIJANI, Yuyi WANG et Roger WATTENHOFER. "Min-cost bipartite perfect matching with delays". In : *Proc. APPROX / RANDOM*. 2017, 1:1-1:20.
- [ACK17] Yossi AZAR, Ashish CHIPLUNKAR et Haim KAPLAN. "Polylogarithmic bounds on the competitiveness of min-cost perfect matching with delays". In : *Proc. SODA*. 2017, p. 1051-1061.
- [Aza+20] Yossi AZAR, Ashish CHIPLUNKAR, Shay KUTTEN et Noam TOUITOU. "Set Cover with Delay–Clairvoyance Is Not Required". In : *Proc. ESA*. 2020.
- [Aza+19] Yossi AZAR, Yuval EMEK, Rob van STEE et Danny VAINSTEIN. "The price of clustering in bin-packing with applications to bin-packing with delays". In : *Proc. SPAA*. 2019, p. 1-10.
- [Aza+17] Yossi AZAR, Arun GANESH, Rong GE et Debmalya PANIGRAHI. "Online service with delay". In : *Proc. STOC*. 2017, p. 551-563.
- [AJF20] Yossi AZAR et Amit JACOB-FANANI. "Deterministic min-cost matching with delays". In : *Theory of Computing Systems* 64.4 (2020), p. 572-592.
- [ARV21] Yossi AZAR, Runtian REN et Danny VAINSTEIN. "The min-cost matching with concave delays problem". In : *Proc. SODA*. 2021, p. 301-320.
- [AT20] Yossi AZAR et Noam TOUITOU. "Beyond tree embeddings—a deterministic framework for network design with deadlines or delay". In : *Proc. FOCS*. 2020, p. 1368-1379.
- [AT19] Yossi AZAR et Noam TOUITOU. "General framework for metric optimization problems with delay or with deadlines". In : *Proc. FOCS*. 2019, p. 60-71.
- [Bar+01] Amotz BAR-NOY, Reuven BAR-YEHUDA, Ari FREUND, Joseph NAOR et Baruch SCHIEBER. "A unified approach to approximating resource allocation and scheduling". In : *J. ACM* 48.5 (2001), p. 1069-1090.
- [BF99] P. BERMAN et T. FUJITO. "On Approximation Properties of the Independent Set Problem for Low Degree Graphs". In : *Theory of Computing Systems* 32.2 (1999), p. 115-132. ISSN : 1433-0490.
- [Bie+16] Marcin BIENKOWSKI, Martin BÖHM, Jaroslaw BYRKA, Marek CHROBAK, Christoph DÜRR, Lukáš FOLWARCZNY, Łukasz JEŻ, Jiří SGALL, Kim Thang NGUYEN et Pavel VESELÝ. "Online Algorithms for Multi-Level Aggregation". In : *Proc. ESA*. 2016.
- [Bie+21] Marcin BIENKOWSKI, Martin BÖHM, Jaroslaw BYRKA, Marek CHROBAK, Christoph DÜRR, Lukáš FOLWARCZNY, Łukasz JEŻ, Jiří SGALL, Nguyen Kim THANG et Pavel VESELÝ. "New results on multi-level aggregation". In : *Theoretical Computer Science* 861 (2021), p. 133-143.
- [Bie+22] Marcin BIENKOWSKI, Martin BÖHM, Jaroslaw BYRKA et Jan MARCINKOWSKI. "Online Facility Location with Linear Delay". In : *Proc. APPROX/RANDOM*. 2022, 45:1-45:17.
- [Bie+18] Marcin BIENKOWSKI, Artur KRASKA, Hsiang-Hsuan LIU et Paweł SCHMIDT. "A primal-dual online deterministic algorithm for matching with delays". In : *Proc. WAOA*. 2018, p. 51-68.
- [BKS17] Marcin BIENKOWSKI, Artur KRASKA et Paweł SCHMIDT. "A match in time saves nine: Deterministic online matching with delays". In : *Proc. WAOA*. 2017, p. 132-146.
- [BKS18] Marcin BIENKOWSKI, Artur KRASKA et Paweł SCHMIDT. "Online service with delay on a line". In : *Proc. SIROCCO*. 2018, p. 237-248.
- [BH18] Andreas BJÖRKLUND et Thore HUSFELDT. "Counting Shortest Two Disjoint Paths in Cubic Planar Graphs with an NC Algorithm". In : *29th International Symposium on Algorithms and Computation, ISAAC 2018, December 16-19, 2018, Jiaoxi, Yilan, Taiwan*. Sous la dir. de Wen-Lian HSU, Der-Tsai LEE et Chung-Shou LIAO. T. 123. LIPIcs. Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum für Informatik, 2018, 19:1-19:13.
- [BH14] Andreas BJÖRKLUND et Thore HUSFELDT. "Shortest Two Disjoint Paths in Polynomial Time". In : *Automata, Languages, and Programming - 41st International Colloquium, ICALP 2014, Copenhagen, Denmark, July 8-11, 2014, Proceedings, Part I*. Sous la dir. de Javier ESPARZA, Pierre FRAIGNAUD, Thore HUSFELDT et Elias KOUTSOUPAS. T. 8572. Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2014, p. 211-222.

- [Buc+17] Niv BUCHBINDER, Moran FELDMAN, Joseph NAOR et Ohad TALMON. "O(depth)-competitive algorithm for online multi-level aggregation". In : *Proc. SODA*. 2017, p. 1235-1244.
- [Car+18] Rodrigo A. CARRASCO, Kirk PRUHS, Cliff STEIN et José VERSCHAE. "The online set aggregation problem". In : *Proc. LATIN*. 2018, p. 245-259.
- [CW] Parinya CHALERMSOOK et Bartosz WALCZAK. "Coloring and Maximum Weight Independent Set of Rectangles". In : *Proceedings of the 2021 ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA)*, p. 860-868.
- [CH12] Timothy M. CHAN et Sarel HAR-PELED. "Approximation Algorithms for Maximum Independent Set of Pseudo-Disks". In : *Discret. Comput. Geom.* 48.2 (2012), p. 373-392.
- [CFS10] L. Sunil CHANDRAN, Mathew C. FRANCIS et Naveen SIVADASAN. "Geometric Representation of Graphs in Low Dimension Using Axis Parallel Boxes". In : *Algorithmica* 56.2 (2010), p. 129-140.
- [CSW13] Chandra CHEKURI, F. Bruce SHEPHERD et Christophe WEIBEL. "Flow-cut gaps for integer and fractional multiflows". In : *Journal of Combinatorial Theory, Series B* 103.2 (2013), p. 248 -273.
- [CKU22] Ryder CHEN, Jahanvi KHATKAR et Seeun William UMBOH. "Online Weighted Cardinality Joint Replenishment Problem with Delay". In : *Proc. ICALP*. 2022, 40:1-40:18.
- [CE16] Julia CHUZHOY et Alina ENE. "On Approximating Maximum Independent Set of Rectangles". In : *IEEE 57th Annual Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS)*. IEEE Computer Society, 2016, p. 820-829.
- [CKN17] Julia CHUZHOY, David H. K. KIM et Rachit NIMAVAT. "New hardness results for routing on disjoint paths". In : *Proceedings of the 49th Annual ACM SIGACT Symposium on Theory of Computing, STOC 2017, Montreal, QC, Canada, June 19-23, 2017*. Sous la dir. d'Hamed HATAMI, Pierre MCKENZIE et Valerie KING. ACM, 2017, p. 86-99.
- [Cor+22] José R. CORREA, Andrés CRISTI, Andrés FIELBAUM, Tristan POLLNER et S. Matthew WEINBERG. "Optimal Item Pricing in Online Combinatorial Auctions". In : *Integer Programming and Combinatorial Optimization - 23rd International Conference, IPCO 2022, Eindhoven, The Netherlands, June 27-29, 2022, Proceedings*. Sous la dir. de Karen AARDAL et Laura SANITÀ. T. 13265. Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2022, p. 126-139.
- [CFS14] José R. CORREA, Laurent FEUILLOLEY et José A. SOTO. "Independent and Hitting Sets of Rectangles Intersecting a Diagonal Line". In : *LATIN 2014: Theoretical Informatics - 11th Latin American Symposium, Montevideo, Uruguay, March 31 - April 4, 2014. Proceedings*. Sous la dir. d'Alberto PARDO et Alfredo VIOLA. T. 8392. Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2014, p. 35-46.
- [DF92] Jeffrey S. DOERSCHLER et Herbert FREEMAN. "A Rule-Based System for Dense-Map Name Placement". In : *Commun. ACM* 35.1 (1992), p. 68-79.
- [EKW16] Yuval EMEK, Shay KUTTEN et Roger WATTENHOFER. "Online matching: haste makes waste!" In : *Proc. STOC*. 2016, p. 333-344.
- [Eps21] Leah EPSTEIN. "On bin packing with clustering and bin packing with delays". In : *Discrete Optimization* 41 (2021), p. 100647.
- [EJS05] Thomas ERLEBACH, Klaus JANSEN et Eike SEIDEL. "Polynomial-Time Approximation Schemes for Geometric Intersection Graphs". In : *SIAM J. Comput.* 34.6 (2005), p. 1302-1323.
- [Esp16] Louis ESPERET. "Boxicity and topological invariants". In : *Eur. J. Comb.* 51 (2016), p. 495-499.
- [ERS05] Guy EVEN, Dror RAWITZ et Shimon SHAHAR. "Hitting sets when the VC-dimension is small". In : *Inf. Process. Lett.* 95.2 (2005), p. 358-362.
- [FHW80] Steven FORTUNE, John E. HOPCROFT et James WYLLIE. "The Directed Subgraph Homeomorphism Problem". In : *Theor. Comput. Sci.* 10 (1980), p. 111-121.
- [FP11] Jacob FOX et János PACH. "Computing the Independence Number of Intersection Graphs". In : *Proceedings of the Twenty-Second Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA)*. SIAM, 2011, p. 1161-1165.
- [Fuk+96] Takeshi FUKUDA, Yasuhiko MORIMOTO, Shinichi MORISHITA et Takeshi TOKUYAMA. "Data Mining Using Two-Dimensional Optimized Association Rules: Scheme, Algorithms, and Visualization". In : (1996), p. 13-23.

- [Gál+17] Waldo GÁLVEZ, Fabrizio GRANDONI, Sandy HEYDRICH, Salvatore INGALA, Arindam KHAN et Andreas WIESE. "Approximating Geometric Knapsack via L-Packings". In : *58th IEEE Annual Symposium on Foundations of Computer Science, FOCS 2017, Berkeley, CA, USA, October 15-17, 2017*. Sous la dir. de Chris UMANS. IEEE Computer Society, 2017, p. 260-271.
- [GKS22] Naveen GARG, Nikhil KUMAR et András SEBŐ. "Integer plane multiflow maximisation: one-quarter-approximation and gaps". In : *Math. Program.* 195.1 (2022), p. 403-419.
- [GLO23] Daniel GONÇALVES, Vincent LIMOUZY et Pascal OCHEM. "Contact graphs of boxes with unidirectional contacts". In : *CoRR abs/2301.03865* (2023).
- [GKW19] Fabrizio GRANDONI, Stefan KRATSCH et Andreas WIESE. "Parameterized Approximation Schemes for Independent Set of Rectangles and Geometric Knapsack". In : *27th Annual European Symposium on Algorithms (ESA 2019)*. Sous la dir. de Michael A. BENDER, Ola SVENSSON et Grzegorz HERMAN. T. 144. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum fuer Informatik, 2019, 53:1-53:16. ISBN : 978-3-95977-124-5.
- [GKP20] Anupam GUPTA, Amit KUMAR et Debmalya PANIGRAHI. "Caching with time windows". In : *Proc. STOC*. 2020, p. 1125-1138.
- [HR97] Magnús M. HALLDÓRSSON et Jaikumar RADHAKRISHNAN. "Greed is good: Approximating independent sets in sparse and bounded-degree graphs". In : *Algorithmica* 18.1 (1997), p. 145-163. ISSN : 1432-0541.
- [HY95a] Magnús M. HALLDÓRSSON et Kiyohito YOSHIHARA. "Greedy approximations of independent sets in low degree graphs". In : *Algorithms and Computations - ISAAC '95, in LNCS vol. 1004*. Sous la dir. de John STAPLES, Peter EADES, Naoki KATOH et Alistair MOFFAT. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg. Full version in: <https://www.ru.is/kennarar/mmh/raunvis/Papers/yoshi.pdf>, 1995, p. 152-161. ISBN : 978-3-540-47766-2.
- [HY95b] Magnús M. HALLDÓRSSON et Kiyohito YOSHIHARA. "Greedy Approximations of Independent Sets in Low Degree Graphs". In : *Algorithms and Computation, 6th International Symposium, ISAAC '95, Cairns, Australia, December 4-6, 1995, Proceedings*. Sous la dir. de John STAPLES, Peter EADES, Naoki KATOH et Alistair MOFFAT. T. 1004. Lecture Notes in Computer Science. Springer, 1995, p. 152-161.
- [HH14] Jan-Henrik HAUNERT et Tobias HERMES. "Labeling circular focus regions based on a tractable case of maximum weight independent set of rectangles". In : *Proceedings of the 2nd ACM International Workshop on Interacting with Maps, MapInteract (SIGSPATIAL)*. ACM, 2014, p. 15-21.
- [HMW18] Wiebke HÖHN, Julián MESTRE et Andreas WIESE. "How Unsplittable-Flow-Covering Helps Scheduling with Job-Dependent Cost Functions". In : *Algorithmica* 80.4 (2018), p. 1191-1213.
- [H96] Johan HÅSTAD. "Clique is hard to approximate within $n^{1-\epsilon}$ ". In : *Acta Mathematica*. 1996, p. 627-636.
- [Kar72] Richard M. KARP. "Reducibility Among Combinatorial Problems". In : *Proceedings of a symposium on the Complexity of Computer Computations, held March 20-22, 1972, at the IBM Thomas J. Watson Research Center, Yorktown Heights, New York, USA*. 1972, p. 85-103.
- [KS10] Yusuke KOBAYASHI et Christian SOMMER. "On shortest disjoint paths in planar graphs". In : *Discret. Optim.* 7.4 (2010), p. 234-245.
- [KP92a] Ephraim KORACH et Michal PENN. "Tight integral duality gap in the Chinese postman problem". In : *Mathematical Programming* 55 (1992), p. 183-191.
- [KP92b] Ephraim KORACH et Michal PENN. "Tight integral duality gap in the Chinese Postman problem". In : *Math. Program.* 55 (1992), p. 183-191.
- [Kra94] Jan KRATOCHVÍL. "A Special Planar Satisfiability Problem and a Consequence of Its NP-completeness". In : *Discret. Appl. Math.* 52.3 (1994), p. 233-252.
- [KLT15] Tung-Wei KUO, Kate Ching-Ju LIN et Ming-Jer TSAI. "Maximizing Submodular Set Function with Connectivity Constraint: Theory and Application to Networks". In : *IEEE/ACM Transactions on Networks* 23.2 (2015). **INFOCOM'13**, p. 533-546.
- [LWUX23] Ngoc Mai LE, Seeun WILLIAM UMBOH et Ningyuan XIE. "The Power of Clairvoyance for Multi-Level Aggregation and Set Cover with Delay". In : *Proc. SODA*. 2023, p. 1594-1610.
- [LNO02] Liane LEWIN-EYTAN, Joseph NAOR et Ariel ORDA. "Routing and Admission Control in Networks with Advance Reservations". In : *5th International Workshop on Approximation Algorithms for Combinatorial Optimization (APPROX)*. T. 2462. Springer, 2002, p. 215-228.

- [Liu+18] Xingwu LIU, Zhida PAN, Yuyi WANG et Roger WATTENHOFER. "Impatient online matching". In : *Proc. ISAAC*. T. 123. 2018, 62:1-62:12.
- [Loc21] William LOCHET. "A Polynomial Time Algorithm for the k -Disjoint Shortest Paths Problem". In : *Proceedings of the 2021 ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms, SODA 2021, Virtual Conference, January 10 - 13, 2021*. Sous la dir. de Dániel MARX. SIAM, 2021, p. 169-178.
- [Mar20] Mathieu MARI. "Greedy approaches to approximation of some NP-hard combinatorial optimization problems. (Approches gloutonnes pour l'approximation de problèmes combinatoires NP-difficiles)". Thèse de doct. PSL Research University, Paris, France, 2020.
- [MWW21] Darya MELNYK, Yuyi WANG et Roger WATTENHOFER. "Online k -Way Matching with Delays and the H-Metric". In : *arXiv preprint arXiv:2109.06640* (2021).
- [Mit21] Joseph S. B. MITCHELL. "Approximating Maximum Independent Set for Rectangles in the Plane". In : *62nd IEEE Annual Symposium on Foundations of Computer Science, FOCS 2021, Denver, CO, USA, February 7-10, 2022*. IEEE, 2021, p. 339-350.
- [Mit99] Joseph S. B. MITCHELL. "Guillotine Subdivisions Approximate Polygonal Subdivisions: A Simple Polynomial-Time Approximation Scheme for Geometric TSP, k -MST, and Related Problems". In : 28.4 (1999), p. 1298-1309.
- [PT02] János PACH et Géza TÓTH. "Recognizing String Graphs Is Decidable". In : *Discret. Comput. Geom.* 28.4 (2002), p. 593-606.
- [PS21] Michal PILIPCZUK et Sebastian SIEBERTZ. "Polynomial bounds for centered colorings on proper minor-closed graph classes". In : *J. Comb. Theory, Ser. B* 151 (2021), p. 111-147.
- [RS95] N. ROBERTSON et P.D. SEYMOUR. "Graph Minors .XIII. The Disjoint Paths Problem". In : *Journal of Combinatorial Theory, Series B* 63.1 (1995), p. 65-110. ISSN : 0095-8956.
- [STV] Niklas SCHLOMBERG, Hanjo THIELE et Jens VYGEN. "Packing cycles in planar and bounded-genus graphs". In : *Proceedings of the 2023 Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA)*, p. 2069-2086.
- [Sch09] Werner SCHWÄRZLER. "On the complexity of the planar edge-disjoint paths problem with terminals on the outer boundary". In : *Comb.* 29.1 (2009), p. 121-126.
- [Sey81] Paul D. SEYMOUR. "On Odd Cuts and Plane Multicommodity Flows". In : *Proceedings of the London Mathematical Society* s3-42.1 (1981), p. 178-192.
- [TV93] Éva TARDOS et Vijay V. VAZIRANI. "Improved bounds for the max-flow min-multicut ratio for planar and $K_{r,r}$ -free graphs". In : *Information Processing Letters* 47 (1993), p. 77-80.
- [Tou21] Noam TOUITOU. "Nearly-Tight Lower Bounds for Set Cover and Network Design with Deadlines/Delay". In : *Proc. ISAAC*. 2021, 53:1-53:16.
- [VUR11] Fabio VANDIN, Eli UPFAL et Benjamin J. RAPHAEL. "Algorithms for Detecting Significantly Mutated Pathways in Cancer". In : 18.3 (2011). **RECOMB'10**, p. 507-522.
- [VS11] Éric Colin de VERDIÈRE et Alexander SCHRIJVER. "Shortest vertex-disjoint two-face paths in planar graphs". In : *ACM Trans. Algorithms* 7.2 (2011), 19:1-19:12.
- [Weg65] G. WEGNER. "Über eine kombinatorisch-geometrische Frage von Hadwiger und Debrunner". In : *Israel Journal of Mathematics* 3 (1965), p. 187-198.



PROCÈS-VERBAL DE SOUTENANCE DE THÈSE

Nom et Prénom MARI Mathieu
 Spécialité Informatique
 Titre de la thèse Approches Gloutonnes pour l'Approximation de Problèmes Combinatoires NP-difficiles
 Ecole doctorale Sciences Mathématiques de Paris Centre
 Date de soutenance 25 septembre 2020
 Soutenance PUBLIQUE À HUIS-CLOS

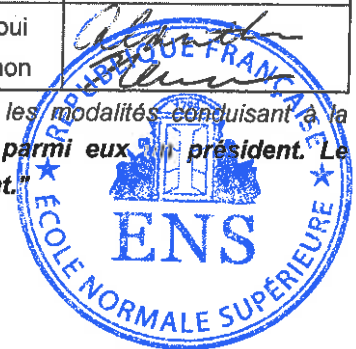
Président du jury * : Christoph Dürr (à compléter).

Le jury prononce:

- l'admission du candidat au titre de docteur de l'Université PSL, thèse préparée à l'École normale supérieure
 l'ajournement du candidat

Civilité, Nom, Prénom	Qualité	Titre	Etablissement de rattachement	Visio conférence	Signature
Mme Claire MATHIEU	Directeur de these	DR	IRIF, Université Paris Diderot	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<i>directrice de thèse</i>
M. Cyril GAVOILLE	Rapporteur	Professeur	Université de Bordeaux	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<i>Cyril Gavaille</i>
M. Chien-Chung HUANG	CoDirecteur de these	Chargé de recherche	ENS	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<i>directeur de thèse</i>
M. Dimitrios THILIKOS	Examineur	Directeur de recherche	Université Montpellier - CNRS	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<i>Dimitrios Thilikos</i>
M. Christoph DÜRR	Examineur	Professeur	CNRS - UPMC	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<i>Christoph Dürr</i>
M. Magnus HALLDORSSON	Examineur	Professeur	REYKJAVIK University	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<i>Magnus Halldórsson</i>
Mme Alantha NEWMAN	Examineur	Professeur	Université Grenoble Alpes	<input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<i>Alantha Newman</i>

* Article 18 de l'arrêté du 25 mai 2016 fixant le cadre national de la formation et les modalités conduisant à la délivrance du diplôme national de doctorat : "Les membres du jury désignent parmi eux un président. Le président doit être un professeur ou assimilé ou un enseignant de rang équivalent."





DOCTORAT de l'Université PSL

RAPPORT DE SOUTENANCE

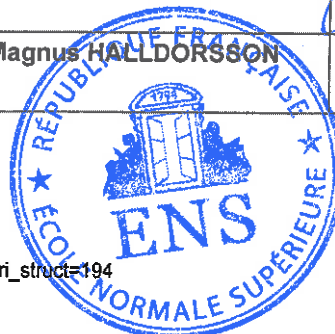
Nom et prénom du doctorant : MARI Mathieu

Date de la soutenance : 25 septembre 2020

Président du Jury : Christoph Dürr

Mathieu Mari nous a présenté une belle sélection de ses travaux, couvrant une collection assez large de problèmes et de techniques. Il a débuté par une introduction graduelle à l'approche globale en utilisant le voyageur de commerce comme illustration. Les techniques introduites dans la thèse ont été présentées de manière limpide et intuitive. Leur potentiel a été mis en évidence ainsi que des approches possibles pour leur extensions. La première partie de sa présentation, parfaitement adaptée à un public large, était consacrée à des problèmes combinatoires classiques et bien étudiés, comme la couverture maximale et le routage avec disjonction. La deuxième partie a développé deux contributions techniques, qui ont convaincu et impressionné les spécialistes par leur originalité et élégance. Toute la présentation a donné une impression de grande maîtrise, d'un souci de clarté, ainsi que d'une attention aux détails dans la présentation orale et visuelle. Les planches contenaient juste assez de détails formels pour suivre ses résultats et mettaient en avant les points importants à comprendre. Mathieu a répondu avec clarté à toutes les questions du jury en démontrant une connaissance profonde et large du domaine. Pour toutes les raisons le jury lui accorde avec l'unanimité le grade de docteur en informatique de l'école normale supérieure, Paris Sciences Lettres.

Prénom et Nom	Signature	Prénom et Nom	Signature
Claire MATHIEU		Cyril GAVOILLE	
Chien-Chung HUANG		Dimitrios THILIKOS	
Christoph DÜRR		Magnus HALLDORSSON	
Alantha NEWMAN			



Cyril GAVOILLE
Tel: + 33 5 40 00 88 12
Fax: + 33 5 40 00 66 69
E-mail: gavoille@labri.fr

Talence, 28 août 2020

Subject: *Rapport sur la thèse de M. MATHIEU MARI*

Dans cette thèse de 140 pages, intitulée « *Greedy approaches to approximation of some NP-hard combinatorial optimization problems* », MATHIEU MARI étudie des solutions algorithmiques pour trois problèmes d'optimisations :

- (1) COUVERTURE MAXIMALE CONNEXE par des disques unitaires ;
- (2) STABLE MAXIMUM pour les graphes sous-cubiques ; et
- (3) MULTIFLOT ENTIER MAXIMUM pour les graphes sur surface.

Ces problèmes, qui sont en fait des problèmes de maximisation, sont très étudiés car ils interviennent comme briques de bases pour la résolution de problèmes bien réels, comme l'identification de gènes importants dans une cohorte de patients pour la survenue de certains cancers, un exemple tiré de la thèse. Ces trois problèmes sont également difficiles à résoudre ; ils sont dans la classe de complexité NP-DIFFICILE, même pour les variantes étudiées dans cette thèse. Le point commun dans la résolution algorithmique de ces problèmes dans cette thèse est l'utilisation de méthodes gloutonnes (sauf peut-être pour MULTIFLOT ENTIER MAXIMUM faisant intervenir la Programmation Linéaire et la méthode de relaxation). Il s'agit d'une heuristique omniprésente dans les problèmes d'optimisation. Le cœur de la thèse est donc l'analyse des approches gloutonnes afin de produire des approximations voir même des schémas d'approximations pour de tels problèmes. L'application de cette approche produit des algorithmes simples, élégants et bien sûr efficaces.

En terme de résultats, la thèse présente plusieurs avancées significatives qui ont été publiées dans des conférences d'excellente visibilité comme SODA'20, STACS'20 ou APPROX/RANDOM'19. Le document est, de manière générale, très soigné et précis. J'ai apprécié la qualité des définitions, la finesse des théorèmes, la rigueur des preuves, mais aussi la qualité des illustrations et la mise en valeur des notions principales. Chaque chapitre correspond essentiellement à l'un des problèmes et à un article publié (en sou-

mission pour le dernier). Tenants et aboutissants ainsi que l'état de l'art y sont, à chaque fois, généreusement développés. Je pense qu'un dernier chapitre de conclusions et/ou de perspectives générales aurait été un plus bien que chaque chapitre a sa propre conclusion.

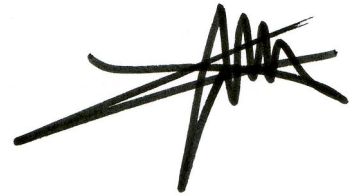
Plus en détails le chapitre 2 aborde le problème de COUVERTURE MAXIMALE CONNEXE. Dans sa version géométrique, il s'agit, étant donné un ensemble de n formes géométriques (par exemple des disques ou des rectangles d'aire unité), d'en sélectionner k parmi les n afin de maximiser l'aire de leur union tout en formant une solution « connexe », c'est-à-dire telle que le graphe d'intersection des formes sélectionnées soit connexe. La version sans la contrainte de connectivité a été bien étudiée et possède des schémas d'approximation. Il est cependant montré dans cette thèse que le problème (avec connexité) devient NP-difficile. Et pour les rectangles il devient même APX-difficile. Pour les disques, l'algorithme glouton proposé considère à chaque itération la paire de disques maximisant la couverture courante. Le résultat est une 2-approximation alors que la stratégie gloutonne considérant un seul disque à la fois peut avoir une aire jusqu'à $\Omega(k)$ fois moins celle de l'optimale. Ces résultats sont complétés par un schéma PTAS avec augmentation de ressources (ajout jusqu'à ϵk disques supplémentaires) non trivial et inspiré d'une technique de raffinement de grille utilisée pour le problème du VOYAGEUR DE COMMERCE. Il est aussi développé un PTAS pour des distributions de disques plus particulières (par exemple lorsque les n disques couvrent l'enveloppe convexe des centres des disques).

Le chapitre 3 est dédié au STABLE MAXIMUM notamment dans les graphes de degré maximum Δ , et plus précisément dans le cas sous-cubique ($\Delta = 3$). Si le meilleur algorithme polynomial résolvant STABLE MAXIMUM atteint le facteur d'approximation $(\Delta + 3)/5$, l'heuristique du degré-minimum atteint seulement $(\Delta + 2)/3$ (et il n'est pas possible de faire mieux). Le point intéressant est qu'il est possible de raffiner l'heuristique du degré-minimum en choisissant en cas d'égalité le sommet ayant dans son voisinage induit le sommet de plus grand degré (règle dite du « plus-d'arêtes »). Avec une technique de preuve vraiment originale, élégante et surtout générale, il est (re)prouver de manière plus simple que la règle du plus-d'arêtes a un facteur d'approximation de $3/2$ pour $\Delta = 3$. Il est même proposé un ensemble de règles à appliquer en cas d'égalité pour l'heuristique du degré-minimum permettant d'atteindre le facteur $5/4$ (toujours pour $\Delta = 3$) résolvant ainsi un problème ouvert. La technique permet aussi de montrer, et c'est un très joli résultat, que toute règle en cas d'égalité pour l'heuristique du degré-minimum ne peut battre le facteur $5/4$ et même $(\Delta + 1)/3 - O(1/\Delta)$ pour Δ quelconque. Le problème de trouver un stable (maximum ou minimum) par tout algorithme appliquant l'heuristique du degré-minimum est abordé, et plusieurs résultats de négatif de complexités s'y réfèrent. En particulier, il est montré que de trouver un stable par l'heuristique du degré-minimum qui soit de cardinalité maximum dans un graphe biparti est difficile à approximer (même à un facteur d'environ \sqrt{n}) alors que STABLE MAXIMUM dans de tels graphes se résout exactement en temps linéaire! Ce chapitre constitue donc une excellente synthèse (peut-être l'ultime ou disons la meilleure à ce jour?) des algorithmes gloutons pour le problème

STABLE MAXIMUM.

Les deux derniers chapitres abandonnent les approches gloutonnes pour laisser place à la Programmation Linéaire et aux méthodes de relaxation. Ils concernent le problème du MULTIFLOT ENTIER MAXIMUM. Le cas planaire est détaillé au chapitre 4 et le cas plus général des graphes sur surfaces (orientables) est présenté au chapitre 5. Le caractère « planaire » ou « sur surface » qualifie ici le graphe union $G + H$, où G est le graphe dans lequel doivent être trouvés les chemins et où H est le graphe support des demandes, $E(H) = \bigcup_i \{(s_i, t_i)\}$. Il est à noter que le cas $G+H$ planaire est déjà NP-difficile même dans le cas des chemins arêtes-disjoints, un cas particulier de MULTIFLOT ENTIER MAXIMUM (capacités toutes à 1). Le résultat majeur est un algorithme polynomial d'approximation pour le cas planaire pour le problème des chemins arêtes-disjoints dans le cas planaire. Le facteur d'approximation est de 24. Si $G + H$ est de genre orientable g , alors pour MULTIFLOT ENTIER MAXIMUM le facteur devient $O(g^2)$ et un *integrality gap* de $O(g^2 \log g)$ est aussi prouvé. Il semble que le cas des surfaces non-orientables nécessite une technique totalement différente. Ces derniers chapitres montrent aussi la grande maîtrise des outils tant en Programmation Linéaire et des plongements de graphes sur surface.

En conclusion, les résultats présentés dans cette thèse sont originaux, pertinents, de grandes qualités et ont fait l'objet de plusieurs publications internationales. Le document est remarquablement rédigé. En conséquence, je considère que la thèse de MATHIEU MARI mérite d'être soutenue en l'état.



Cyril GAVOILLE, Professeur
Université de Bordeaux, LaBRI



Service des Admissions et des Études
Pôle des doctorants et Hdr - doctorat@ens.fr
45 rue d'Ulm
75005 Paris

Defence report and request of the Phd defence

Name : Mathieu Mari

Specialty : Greedy Approaches to Approximation of some NP-hard Combinatorial Optimization Problems

Name of the referee : Bruce Shepherd

Title-quality : Professor

Place of work : University of British Columbia

Reminder : the return of the Defence reports is asked in 4 weeks before the date of the defence.

The thesis report can be written on plain paper if all information requested above appear in the header.

The report with the rapporteur's original signature is sent directly to the Pôle des theses – 45, rue d'Ulm 75230 PARIS CEDEX 05 AND to doctorat@ens.fr

I am reporting on the contents of the thesis:

Greedy Approaches to Approximation of some NP-hard Combinatorial Optimization Problems

By Mathieu Mari.

I have read especially in detail the contents and proofs contained in Chapters 1,2,4,5. I will provide detailed feedback to the candidate himself and restrict myself to general remarks of the results obtained and techniques used in this thesis.

The thesis studies three distinct maximization problems. The first (Chapter 2) is related to the ubiquitous maximum coverage problem. The second (Chapter 3) addresses greedy approaches to the fundamental maximum independent set problem. The third (Chapters 4 and 5) finds new constant-factor approximations for the well-studied maximum disjoint paths problem. The introductory chapter weaves these areas together by giving a very readable introduction to generic greedy algorithms (although one has to look a bit more closely to confirm and believe that Chapters 4 and 5 are really greedy-type algorithms).

Chapter 3

The maximum coverage problem is: given a collection of sets over ground set V , find a subset of k whose union is as large as possible. This problem has been

appearing in many applications of all types within vision, machine learning, economics, software engineering and so on. While a $1-1/e$ approximation follows from classical work in submodular optimization (Fisher et al.) the author motivates the study of a problem with an additional connectivity constraint. Namely, think of a graph structure on the sets and the k selected sets must form a connected subgraph. In addition, the author gives several nice and plausible applications for this constraint.

While a \sqrt{k} approximation has been known for the 'connected-coverage problem', the authors show that a restricted class where the sets consist of unit disks in the plane. Hence the goal is to find a connected family of k disks which maximizes the area of their union. In this setting the author is able to find a 2-approximation. He also notes that this special coverage problem is NP-hard and shows that the version which uses quadrilaterals (instead of disks) is indeed APX-hard. It currently is open whether the disk version suffers the same fate.

The 2-approximation algorithm is interesting in that it greedily picks two disks at a time. He also gives an example which shows why this appears to be needed. (*One question I have is whether the algorithm could be adapted to take 1 or 2 disks but use a bang-per buck approach : i.e., if choosing 2 disks, one should discount their increase to the area by a factor of 2, much like set cover greedy.*) Overall this is an interesting new problem and algorithm and I enjoyed the analysis.

The author extends this work by considering the resource allocation model where ϵk extra disks are allowed. They show in this setting that one may achieve $(1-\epsilon)$ OPT. This result is interesting and follows quite closely the ideas from Arora's PTAS for TSP. Having said that there is quite a bit of extra technical work that is needed to make this work. For instance, the lemma which guarantees (probabilistically) that a small resource augmentation set should be available.

Chapter 3.

A well-known greedy approach for finding a maximum independent set is to repeatedly rip out a vertex of minimum degree. This can potentially do better than the trivial $n/\Delta+1$ upper bound obtained where Δ is the maximum degree of the graph. Indeed for subcubic graphs Halldorson-Radhakrishnan show there is a $5/3$ -approx to max independent set in subcubic graphs (ie graphs with $\Delta=3$). They also provide an example which shows that the $5/3$ ratio may be achieved. However in their example, the running of greedy makes a « silly » choice of minimum degree vertices where there are ties. They showed however that even

with a « smart » tie-breaking rule for selecting the next min degree vertex, a factor of better than $5/4$ is not possible. They also showed a tie-breaking rule which achieves the factor $3/2$. In his thesis, Mari provides a tie-breaking rule which achieves the best possible $5/4$. While I have not delved into the details of this chapter I find the result is quite delicious and the general research into tie-breaking rules for greedy algorithms important. I hope that this work will spur much further research along these lines.

Chapters 4 and 5.

In these chapters the author studies the (edge) disjoint path (EDP) problem an instance of which consists of a supply graph G and demand graph H . (The focus here is on undirected instances). A subset R of the demand edges is called *routable* if there exist paths $P_r : r \in R$ such that $P_r + r$ is a cycle and the P_r 's are edge-disjoint. The (integer) multiflow problem is the version where edges of G may have integer capacities and edges of H may have integer demands. Since the reductions from multiflow to EDP are generally understood (and documented in prior art) we often focus on the EDP model.

It is obvious that if R is routable, then it should satisfy *the cut condition* in H . That is, for every cut $\delta_{G+H}(U)$, the number of demand edges is at most the number of supply edges. The converse is true for certain instances such as when H consists of a single edge (or collection of parallel edges) in which case it is the Max-flow Min-cut Theorem.

The focus of Mari is on the Maximum EDP Problem (MEDP) : find a largest routable subset of H . This problem has been well-studied and is surprisingly difficult especially in the weighted case where demands come with individual profits. For instance, even in the case where G is a tree, the problem generalizes the maximum cardinality/weighted matching problem. Moreover if edge capacities 1,2 are allowed, MEDP becomes APX-Hard even in the cardinality case.

Mari expands the rather limited number of cases where there are « good » approximations to MEDP. The most significant results are (i) the case when G is a capacitated tree (2-approx for the cardinality version, factor 24 for the weighted case) and (ii) $O(\log n)$ approximation when G is planar and Eulerian (I might be mistaken but this is attributed to Kawarabayashi et al but I believe it was originally due to Kleinberg : *An Approximation Algorithm for the Disjoint Paths Problem in Even-Degree Planar Graphs*).

Chapter 4 establishes a constant factor approximation for instances which satisfy $G+H$ is Planar. The proof uses a classical result of Seymour which shows that the cut condition is sufficient for routability of H in such instances. Hence the proof can focus on finding a « large » subset of demands which satisfy the cut condition. The approach uses the primal-dual LPs associated to MEDP and also their analogues in the planar dual of $G+H$. In fact most of the proof is on finding dual-demand edges which do not oversaturate any cycle in the dual. The high level plan all makes sense but making it all correct requires work and I have checked most of the details in their proofs. As a bonus, it is possible to get an constant-approximate max-flow min-multicut theorem associated with the instances where $G+H$ is planar. Again, this all requires work and in my opinion this is a lovely result to add to the literature.

Slightly disappointing perhaps is that other authors (Garg et al.) were able to recently establish similar constant-factor bounds for the same class. It appears that the proofs are substantially different and moreover my impression is that the results due to Mari came chronologically first (but I could be wrong). No matter, these results are strong enough that the community should welcome both proofs. Interestingly Mari and his collaborators have extended their results to hold for instances where $G+H$ is embeddable on a fixed genus orientable surface. This proof (Chapter 5) actually builds more closely on the proof from Garg et al. Once again, Mari needs to master new techniques to make this all work. In this case, the proof uses homotopic routing methods developed by Schrijver in 1980's and 1990's (I think it is worth citing this more clearly and possibly also the related paper by Guylain Naves which seems to use similar shifting techniques : *The hardness of routing two pairs on one face.*)

Conclusion :

Mathieu Mari has produced a thesis which contains a very interesting basket of results on fundamental problems in combinatorial optimization. While they are all focused on « maximization » problems, the techniques he has mastered are impressively broad in my opinion. They range from more elementary greedy-like arguments for submodular optimization, to applying homotopic routing methods and Arora's grid refinement technique. The thesis in places also required his becoming very handy with a subset of techniques in computational geometry and combinatorial probability.

It is without any doubt that I recommend his work proceed to defence.

Sincerely,

Bruce Shepherd