

ALGCo

Algorithmes, Graphes et Combinatoire

Effectifs

au 30/06/2013 :

12 permanents (9,5 ETP)

6 doctorants (5,5 ETP)

1 post-doc (1 ETP)

Nombre de thèses soutenues

entre le 01/01/2008

et le 30/06/2013 :

3,5

Responsable :

Stéphane Bessy

Page Internet de l'équipe :

<http://www.lirmm.fr/algco/>

ALGORITHMIQUE DE GRAPHERS, OPTIMISATION COMBINATOIRE, MATHÉMATIQUES DISCRÈTES

Présentation

Les recherches de l'équipe ALGCo se concentrent sur l'étude théorique et algorithmique de structures combinatoires classiques : principalement les graphes, mais aussi les graphes orientés, matroïdes et matroïdes orientés. Nos motivations sont d'ordre fondamental (questions de partitionnement, coloration, plongement, isomorphisme), algorithmique (notamment autour de la complexité paramétrée : algorithmes FPT, existence de noyau polynomiaux) ou applicatif, en provenance d'autres domaines de l'informatique théorique (bio-informatique, imagerie, morphométrie, modélisation de réseaux...).

Evolution de l'équipe

L'équipe ALGCo, née en 2008, est issue de la restructuration de l'équipe VAG (Visualisation et Algorithmes de Graphes). Recentrée sur des thématiques fondamentales d'algorithmique et de théorie des graphes principalement, elle a connu une croissance notable durant la période 2008-2013. En effet, les départs de deux Professeurs UM2 en 2011 (M.C.Vilarem et S.Thomassé) ont été compensés par l'arrivée d'un Professeur UM2 (M.Montassier), d'un Directeur de Recherche CNRS (D.Thilikos), de trois Chargés de Recherche CNRS (B.Lévêque, I.Sau et P.Ochem) et d'un Maître de Conférences UM3 (A.Pinlou). L'activité scientifique augmentant, le nombre de doctorants accueillis est passé de trois en 2008 à six aujourd'hui. Enfin, l'équipe a aussi accueilli cinq post-docs et de nombreux invités et stagiaires sur la période.

Organisation et Vie de l'équipe

La vie de l'équipe ALGCo est très riche et les échanges y sont nombreux. Les membres de l'équipe ont pour habitude de travailler ensemble : plus de 40 publications sur la période sont co-signées par deux membres au moins de l'équipe. Chacun a ses compétences propres mais aucune partie de l'équipe n'est cloisonnée à un sujet particulier.

Le séminaire quasi-hebdomadaire est l'occasion pour tous les chercheurs de l'équipe de se retrouver. Sur les 25 exposés annuels, en moyenne 40 % sont donnés par des chercheurs extérieurs au LIRMM, les autres étant utilisés pour que chacun puisse présenter ses travaux à tous. Des réunions à plus fortes audiences sont aussi l'occasion pour les membres de l'équipe de se réunir, comme pour les séminaires du pôle Algo-Calcul du département informatique (3 séminaires annuels environ), **les Journées Combinatoire et Algorithmes du Littoral Méditerranéen**, organisées biannuellement par ALGCo et des équipes de recherche de Nice, Marseille et Barcelone ou encore les conférences nationales et internationales organisées par des membres de l'équipe (comme JGA09, WG09, GRATA12, etc).

Activités scientifiques

Axées sur l'étude théorique et algorithmique des graphes, les activités de recherche de l'équipe ALGCo s'articulent principalement autour des trois thèmes décrits ci-dessous. Sur la période, ces activités ont donné lieu à plus de 110 publications en revues internationales et 60 en conférences internationales, quasiment toutes dites 'de rang A'.

1 - Algorithmique paramétrée

La théorie de la complexité paramétrée permet d'étudier la difficulté de problèmes algorithmiques de manière plus précise que la théorie de la complexité classique. Elle permet ainsi d'expliquer pourquoi la résolution exacte est plus facile pour certains problèmes NP-complets (e.g. Vertex

Cover) que pour d'autres (e.g. Independent Set). Le but est d'analyser la complexité d'un problème en fonction de la taille de l'instance, dénotée n , et d'un (ou plusieurs) paramètre(s). Un problème est FPT (Fixed Parameter Tractable) pour un paramètre k , s'il peut être résolu par un algorithme de complexité $f(k) \cdot n^{O(1)}$. Les algorithmes paramétrés constituent un champ de recherches très actif depuis leur formalisation dans les années 90 par Downey et Fellows.

Pour certains problèmes, comme Vertex Cover, il est assez facile de trouver un algorithme FPT, mais pour d'autres cela s'avère extrêmement difficile. Par exemple, une question ouverte importante en complexité paramétrée était de savoir si le problème de Multicut dans un graphe général est FPT ou pas. Notre équipe a répondu à cette question, en démontrant que Multicut est effectivement FPT (Multicut is FPT, Bousquet, Daligault, Thomassé, STOC, 2011 [BDTstoc11]).

Toutefois, si on souhaite qu'un algorithme FPT soit "pratique" (dans le sens où, par exemple, il puisse être implémenté sur un ordinateur), deux pistes sont possibles : la plus naturelle, consiste à obtenir une fonction $f(k)$ associée à l'algorithme la plus petite possible, l'autre piste étant de réduire la taille de l'instance grâce à un pré-traitement ou algorithme de noyau. De manière informelle, un noyau pour un problème paramétré est un algorithme polynomial qui transforme une instance du problème en une instance équivalente dont la taille dépend seulement du paramètre k . Un résultat classique en complexité paramétrée établit qu'un problème paramétré est FPT si et seulement si il admet un noyau. En général, la taille des noyaux pour des problèmes FPT peut être exponentiel en fonction du paramètre k , et il est donc fondamental de savoir quels problèmes FPT admettent des noyaux polynomiaux. L'équipe a obtenu une grande variété de résultats dans cette direction. Par exemple, nous avons présenté le premier noyau quadratique, et optimal, pour le problème de Feedback Vertex Set, un des problèmes emblématiques du domaine (A Quadratic Kernel for Feedback Vertex Set, Thomassé, SODA, 2009 [Tsoda09]).

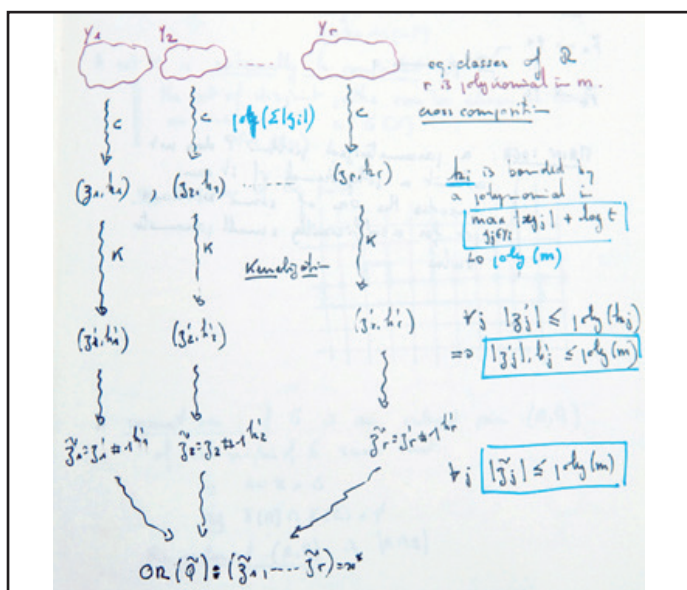
Revenant à la définition première d'un problème FPT, souvent, la meilleure valeur $f(k)$ qu'on peut espérer pour résoudre un problème NP-complet est de l'ordre de $2^{O(k)}$. Un algorithme FPT avec une telle complexité est dit exponentiel-simple. Dans un travail récent, nous avons présentés des algorithmes exponentiels-simples pour le problème Planar-F-Deletion (Linear Kernels and single-exponential algorithms via protrusion decompositions, Kim, Paul, Sau et al., ICALP, 2013 [KPSicalp13]), en généralisant et améliorant ainsi un grand nombre de résultats existants. Dans le même article, nous obtenons aussi une méthodologie générale (métaheuristique) pour obtenir des noyaux linéaires pour une grande classe de problèmes dans les graphes qui excluent un graphe fixé en tant que mineur topologique.

Finalement, il est naturel de se demander si tous les problèmes FPT admettent un noyau polynomial. Une réponse négative à cette question a été apportée récemment, en s'appuyant sur des hypothèses raisonnables de complexité. Nous avons utilisé ces outils pour conclure à la non-existence de noyau polynomiaux pour certains problèmes (On the (non-)existence of polykernels for Pl-free edge modification pbls, Guillemot, Havet, Paul, Perez, Algorithmica, 2013 [GHPPalgo13]), et nous avons aussi contribué au développement de cette théorie, en proposant des outils devenus maintenant standards (Kernel bounds for disjoint cycles and disjoint paths, Bodlaender, Thomassé, Yeo, TCS, 2011 [BTYtcs11]).

2- Décomposition de graphes

Les problèmes de décomposition de graphes sont fondamentaux en théorie des graphes d'un point de vue théorique (colorations, partitions en chemins, cycles, paramètre de largeur ...) et aussi comme modèles applicatifs (assignation de fréquences en télécommunication, allocation de registres, routage et construction de réseaux d'interconnexion...). L'équipe ALGO s'intéresse à ce type de problèmes de décomposition et/ou partition de graphes.

Typiquement, les problèmes de coloration de graphes reviennent à partitionner l'ensemble des sommets en stables (sous-ensembles sans arête induite). L'équipe a obtenu de nombreux résultats importants sur différentes versions de ce problème et a contribué à la promotion de nouvelles techniques de preuves (procédures de déchargement global, homomorphismes particuliers...). Par exemple, en utilisant des méthodes de déchargement, nous avons obtenu les meilleures bornes connues concernant la coloration par listes d'arêtes des graphes planaires en fonction du degré maximum du graphe (Planar graphs with max degree D at least 8 are $(D+1)$ -edge-choosable, Bonamy, soumis, 2013). Un autre exemple concerne la coloration orientée de graphes orientés, correspondant à l'existence d'homomorphisme dans un graphe orienté cible dont le nombre de sommets correspond au paramètre de coloration associée. Dans cette direction, nous avons donné les meilleures majorations connues sur le nombre chromatique orienté pour des sous-familles des graphes planaires, celles de grandes mailles. Les points clés des preuves sont l'utilisation de nouvelles propriétés structurelles des graphes de Tromp, ainsi que la réduction de certaines configurations via l'assistance



Une OR-composition implique la non-existence de noyau polynomial

d'un ordinateur (Oriented coloring of triangle-free planar graphs and 2-outerplanar graphs, Ochem, Pinlou, Graphs and Combinatorics, 2013 [OPgr&co13]). Plus récemment, nous nous sommes intéressés à une nouvelle technique de preuve: la compression d'entropie. Le lemme local de Lovász, datant de 1975, est un outil probabiliste puissant pour montrer l'existence, de façon non constructive, d'objets combinatoires satisfaisants un ensemble fixé de contraintes. Moser et Tardos en 2009 ont proposé une preuve algorithmique et constructive du lemme local de Lovász : la méthode par compression d'entropie. Nous avons appliqué cette méthode en coloration de graphes, notamment en coloration acyclique pour laquelle nous avons exhibé la meilleure majoration connue du nombre chromatique acyclique pour la famille des graphes de degré maximum borné (Colorings of graphs with entropy compression, Gonçalves, Montassier, Ochem, Pinlou, soumis, 2013).

D'autres problèmes de décomposition de graphes ont été abordés dans l'équipe. Par exemple, nous avons obtenu une réponse à la conjecture de Lehel de 1974, en montrant que tout graphe admet une partition de ses sommets en un cycle et un anticycle non induits (Partition of a graph into a cycle and an anticycle, Bessy, Thomassé, JCTB, 2010 [BTjctb10]).

3- Représentation d'objets discrets: graphes et matroïdes orientés

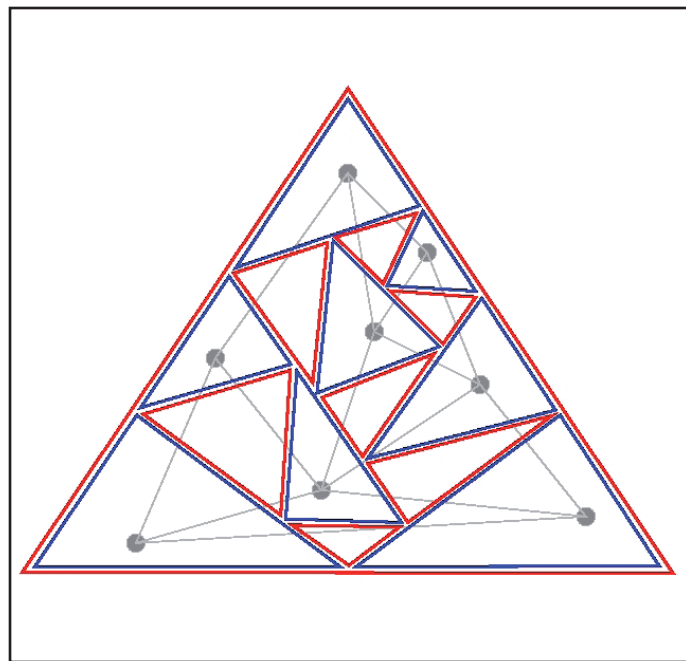
L'étude des représentations de graphes constitue un domaine important et actif de la théorie des graphes. Les graphes d'intersection d'objets géométriques en sont un exemple significatif, notamment car issus d'autres domaines de l'informatique (ordonnancement, bio-informatique...). Au sein de notre équipe, nous étudions à la fois les propriétés structurelles et algorithmiques de ces classes de graphes. Un des résultats majeurs du domaine, que nous avons obtenu, répond positivement à une question de Scheinerman de 1984 et montre que tout graphe planaire peut se représenter comme graphe d'intersection de segments du plan (Every Planar Graph is the Intersect. Graph of Segments in the Plane, Chalopin, Gonçalves, STOC, 2009 [CGstoc09]). Un autre résultat de l'équipe est l'obtention du premier, et meilleur à ce jour, algorithme sous-quadratique pour reconnaître les graphes d'intersection de cordes d'un cercle (Practical and efficient circle graph recognition, Gioan, Paul et al., Algorithmica, 2013 [GPalgo13]).

En dehors de réponses à des questions précises, nous avons aussi développé et utilisé deux types d'outils permettant de manipuler les représentations d'objets combinatoires: les Bois de Schnyder et les matroïdes orientés.

Les Bois de Schnyder, introduits en 1989, sont une structure combinatoire définie sur les graphes planaires. Ils ont permis de nombreuses avancées dans l'étude de ceux-ci : conception d'algorithmes de dessins harmonieux, de codages compacts et de générateurs aléatoires. Nous avons montré que cette structure permet aussi de construire une représentation primale-duale des graphes planaires sous la forme d'un pavage de triangles (Triangle contact representations and duality, Gonçalves, Lévêque, Pinlou, Discrete and Computational Geometry, 2012 [GLPdgc12]). Nous travaillons également

à l'extension de cette structure aux graphes plongés sur d'autres surfaces, notamment sur le tore. Cette extension aux graphes toriques a conduit à la conception d'un algorithme de dessin de ces graphes dans une grille torique polynomiale (Toroidal maps : Schnyder woods, orthogonal surfaces and straight-line representations. D.Gonçalves, B.Lévêque, soumis, 2013).

La théorie (classique) des matroïdes et matroïdes orientés généralise la théorie des graphes en tant qu'espace de cycles, constitue une abstraction combinatoire de l'algèbre linéaire, et fournit un langage approprié pour la combinatoire de divers objets géométriques ou topologiques. Cette dernière propriété nous a permis une application novatrice des matroïdes orientés au codage de formes dans des modèles 3D en collaboration avec l'équipe ICAR (A Combinatorial Method for 3D Landmark-based Morphometry, E.Gioan, K.Sol, G.Subsol, MICCAI, 2012 [GSSmiccai12]). Les matroïdes orientés sont aussi étudiés dans l'équipe pour leur lien avec la programmation linéaire et le polynôme de Tutte (The active bijection in graphs, hyperplane arrangements, and oriented matroids, E.Gioan, M.LasVergnas, YEJC, 2009 [GLyejc09]).



Représentation simultanée d'un graphe et de son dual comme contact de triangles

Faits marquants

- Émergence de nouvelles thématiques de recherche, centrées sur l'algorithmique paramétrée et les graphes topologiques, ce qui nous a apporté une visibilité internationale sur ces sujets et des financements (5 financements ANR et 1 financement région).
- Accueil de six nouveaux membres dans l'équipe sur la période, contribuant au développement de ces nouvelles thématiques.

Collaborations externes

- Algorithms Research Group, Department of Informatics, University of Bergen, Norvège (10 co-publications)
- Department of Mathematics and Computer Science, University of Southern Denmark (5 co-publications)
- Department of Computer Science, Technion, Haifa, Israel (4 co-publications)
- Projet Mascotte, INRIA, CNRS, Univ. Nice Sophia Antipolis (9 co-publications)
- Equipe MC2, laboratoire LIP, Ecole Normale Supérieure de Lyon (6 co-publications et un co-encadrement de thèse)

Publications majeures

- G.Joret, C.Paul, I.Sau, S.Saurabh, S.Thomassé, Hitting and Harvesting Pumpkins, ESA'11: Euro. Symposium on Algorithms, 2011.
 - N.Bousquet, J.Daligault, S.Thomassé, Multicut is FPT, STOC'11: Symposium on Theory of Computing, 2011.
 - J.Chalopin, D.Gonçalves, Every Planar Graph is the Intersection Graph of Segments in the Plane, STOC'09: Symposium on Theory of Computing, 2009.
 - S.Bessy, S.Thomassé, Partitionning a graph into a cycle and an anticycle : a proof of Lehel's conjecture. Journal of Combinatorial Theory Series B, 2010.
 - D.Gonçalves, B.Lévêque, A.Pinlou, Triangle contact representations and duality, Discrete and Computational Geometry, 2012.
-