

# AAP FR Agorantic 2017

**CoCoMa** : Modélisation par graphes signés pour détecter les situations de corruption et de collusion dans les marchés publics

## Équipe :

Vincent LABATUT (Porteur) - Laboratoire Informatique d'Avignon (LIA)

Pierre-Henri MORAND - Laboratoire Biens, Normes, Contrats (LBNC)

Rosa FIGUEIREDO - Laboratoire Informatique d'Avignon (LIA)

## Résumé

Ce projet s'inscrit dans une activité de recherche démarrée en 2014 et dont l'objectif à long terme est l'extraction de réseaux signés à partir de données brutes et le développement d'outils permettant leur analyse. Il fait directement suite à notre projet de recherche Agorantic 2016, dont le but était plus particulièrement l'application au domaine des marchés publics de ces méthodes basées sur les graphes signés. Ce projet nous a permis d'avancer sur les aspects méthodologiques et de les évaluer sur de petites données de test. L'objectif de CoCoMa est de poursuivre ce travail en constituant une base de données conséquente permettant une évaluation à grande échelle de nos méthodes, et de les implémenter sous la forme d'un logiciel librement accessible. En parallèle, nous continuerons le travail méthodologique, qui pourra de plus être orienté en fonction des résultats de l'évaluation plus poussée permise par la base de données constituée et le logiciel produit.

## 1 Contexte, positionnement et objectifs

**Contexte.** Ce projet vise à fournir une aide automatique à la détection de situations de collusions et de corruption dans le domaine des marchés publics. Nous adoptons pour ce faire une approche basée sur la modélisation des relations entre commanditaires et soumissionnaires via des graphes signés. La détection peut alors être formulée comme un problème de partitionnement de graphe signé.

**Graphes signés.** Dans un *graphe signé*, chaque lien est annoté avec un signe : soit positif, soit négatif. Ce type de graphe a été défini par Heider en 1946 [33], dans le but de décrire des relations émotionnelles entre des personnes appartenant à un même groupe social. Depuis, les graphes signés ont été largement utilisés dans l'étude de réseaux sociaux [16, 26, 27, 35, 39], mais également dans d'autres domaines comme l'analyse de risque en gestion [32, 34] et l'étude de systèmes biologiques [24, 34], entre autres [19, 30]. L'élément commun à ces applications est le fait que chacune d'entre elles est définie dans un environnement caractérisé par des relations du type "conflit vs. collaboration", qui peut être modélisé naturellement via un graphe signé.

On dit qu'un graphe signé est *structurellement équilibré* s'il peut être partitionné en deux ou plus [25] sous-groupes mutuellement hostiles (i.e. reliés seulement par des liens négatifs) tout en exhibant une solidarité interne (i.e. contenant uniquement des liens positifs). Ce concept d'équilibre a été étendu de différentes façons dans la littérature. Mais quelle que soit la notion d'équilibre utilisée, un réseau réel (i.e. un graphe représentant un système du monde réel) est rarement *parfaitement équilibré* : on trouvera quelques liens positifs entre les groupes et quelques liens négatifs à l'intérieur. L'un des défis du domaine est de *quantifier* le niveau d'équilibre d'un tel réseau. Pour ce faire, on doit résoudre un problème d'optimisation sur le graphe : estimer la partition permettant d'obtenir l'équilibre maximal pour une mesure d'équilibre donnée. Chaque variante de la notion d'équilibre est susceptible de mener à un problème de partitionnement différent.

Des formulations mathématiques ont été proposés avec succès pour résoudre ces problèmes, en particulier les formulations de programmation linéaire en nombre entiers [17, 21, 31, 36, 38]. Quelques travaux récents se sont intéressés aux problèmes relatifs à l'équilibre structurel [22, 20, T4, T3, T1], mais il y a encore beaucoup à faire, notamment en termes de revue des formulations mathématiques existantes et des méthodes de résolution proposées. Indépendamment de ces travaux, des méthodes approchées, dérivées de la détection de communautés [T15], ont été proposées par la communauté travaillant sur l'analyse de

réseaux complexes [T2, T6, T5] : approches évolutives [41], multi-agent [39], matricielles [40], par extension de la modularité [18], etc. Cependant il s’agit de travaux très ponctuels, et ne reposant généralement pas sur une définition formelle, ni même explicite, de la notion d’équilibre recherché.

**Marchés publics.** Les marchés publics offrent un champ exploratoire extraordinairement riche [T9, T10, T13, T14]. Outre l’importance économique de ces modalités de transaction (on les estime, en moyenne, à 15% du PIB des principaux pays de l’OCDE qui relèveraient de la commande publique), l’impératif de transparence des données publiques (Open-Data) prend une signification toute particulière en ce domaine. Déjà initiée dans de nombreux pays, elle est même désormais, par exemple en France, une contrainte réglementaire. L’Ordonnance n°2015-899 du 23 juillet 2015 relative aux marchés publics et son article 56 précisent ainsi que “les acheteurs rendent public le choix de l’offre retenue et rendent accessibles sous un format ouvert et librement réutilisable les données essentielles du marché public”. Ce sont donc dès aujourd’hui une masse importante, et à court terme l’intégralité des données relatives aux marchés publics qui pourront faire l’objet d’analyses qui jusqu’à présent se heurtaient à l’inexistence ou à la partialité de jeux de données.

Quelques travaux pionniers ont montré l’intérêt des réseaux complexes dans l’analyse des marchés publics (voir par exemple [23]). En particulier, l’analyse des données ouvertes des marchés publics en Hongrie [29] permet de mettre en exergue des phénomènes de corruption présents entre les initiateurs des appels d’offres et les entreprises sélectionnées. Pour autant, outre des *réseaux de corruption* (qui font apparaître des liens positifs entre certaines entreprises et les donneurs d’ordre), les données issues des marchés publics peuvent également faire apparaître des réseaux d’entente ou de cartel (qui constituent des liens positifs entre les entreprises partie prenante du cartel, au détriment de l’acheteur public), des *réseaux de concurrence*, lorsque sur certains marchés les mêmes entreprises se retrouvent en compétition répétée et enfin des réseaux de coopération lorsque, alloti, un marché public implique la sélection de plusieurs entreprises pour sa réalisation. Les graphes signés peuvent être utilisés pour combiner ces informations et les représenter sous forme de structure discrète.

**Positionnement.** Le travail soutenant ce projet a débuté il y a deux ans, et coïncide avec le recrutement de V. LABATUT et R. FIGUEIREDO par le LIA en 2014. Leur collaboration s’est rapidement mise en place et a abouti à l’obtention de trois financements de courte durée. Tout d’abord, en 2015 un projet interne du LIA et une bourse PGMO (Programme Gaspard Monge pour l’Optimisation) leur ont permis de réaliser un premier travail exploratoire et de financer la venue d’Israel MENDONÇA, étudiant brésilien détenteur d’un Master en informatique. Ce groupe a travaillé sur des données décrivant l’activité du Parlement Européen, dont il a extrait des graphes signés représentant la similarité entre députés européens, en termes de comportement de vote. Ceci a permis de manipuler des données réelles, de se familiariser avec les problèmes relatifs aux graphes signés, d’éprouver les méthodes d’analyse existantes et d’en proposer de nouvelles. Ce travail a abouti à des publications dans une conférence nationale [T11], deux conférences internationales [T12, T7] et un journal international [T8], tous à comité de lecture. Le lancement de cette nouvelle thématique au LIA a également donné lieu à l’organisation d’une journée de séminaire portant sur les *Graphes et Systèmes Sociaux* (JGSS le 18 mars 2016 à Avignon), et à la publication d’un [numéro spécial](#) de la revue JIMIS (Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Science) sur le même thème.

Les principales conclusions de ces premiers travaux ont été au nombre de trois. Premièrement, bien qu’entraînant un surcoût à plusieurs niveaux (extraction, représentation, traitement), l’information supplémentaire correspondant aux signes du graphe (par opposition à un graphe classique, i.e. non-signé) peut en contrepartie permettre une analyse plus fine et plus informative [T12, T7]. Deuxièmement, il est peu vraisemblable qu’un outil d’analyse générique unique permette de traiter n’importe quel système modélisable par un graphe signé. Ceci est dû à la nature même de la définition originale de l’équilibre structurel, qui a été définie pour un cas bien particulier. Troisièmement, il est difficile d’analyser des résultats portant sur des données dont on n’est pas spécialiste, ce qui limite grandement les conclusions que l’on peut tirer de toute expérimentation. V. LABATUT et R. FIGUEIREDO ont alors décidé d’adopter une *approche ascendante*, i.e. de partir des données et donc d’un problème applicatif bien précis, puis de développer une méthodologie appropriée, à la fois pour extraire le graphe signé et pour l’analyser.

À la suite de cette décision, ils ont commencé une collaboration avec P.-H. MORAND, visant à détecter les situations de collusion et de corruption dans les marchés publics, un problème bien précis dont P.-H. MORAND est spécialiste. Un financement Agorantic obtenu en 2016 leur a permis d’employer Vitor PONCIANO, un étudiant brésilien en M2 Informatique, co-encadré avec Ronaldo GREGORIO (MCF d’informatique à UFRRJ de Rio de Janeiro). V. PONCIANO a passé un semestre au LIA début 2016, et il termine actuellement son deuxième semestre de stage (dans le système brésilien, la période de stage de M2 dure toute l’année), avec un financement brésilien. Il a essentiellement avancé le travail d’un point de vue méthodologique, en particulier sur les approches permettant de partitionner un graphe signé, et de modéliser l’incertitude des données disponibles, et il continue à travailler sur ces aspects. À noter que notre activité sur ces deux années a également généré de l’animation scientifique, en particulier le montage de

plusieurs projets nationaux, comme prévu dans notre réponse à l'appel à projet 2016 (cf. Section 4).

**Objectifs.** Le travail réalisé en 2016 a essentiellement consisté à proposer des méthodes d'analyse de graphes signés, qui ont été testées à petite échelle sur des graphes facilement appréhendables humainement, et créés manuellement pour l'occasion. Il est maintenant nécessaire de progresser sur des aspects plus concrets et techniques :

1. Rationaliser l'extraction des données disponibles, de manière à constituer une base de données plus conséquentes sur laquelle tester nos méthodes sur une plus grande échelle.
2. Implémenter de façon propre et documentée les méthodes que nous avons proposées, afin de produire un logiciel à la fois efficace, rapide, et utilisable par des chercheurs extérieurs à notre petit groupe.
3. Appliquer le traitement ainsi implémenté aux données extraites au point 1, de manière à étudier les résultats produits par notre outil dans un contexte réel. Il s'agit également de produire des résultats qui permettront d'étayer notre projet ANR s'il passe le premier tour (cf. Section 4)

Bien sûr, en parallèle de ces tâches, nous voulons continuer le travail de recherche plus théorique sur les méthodes d'analyse. En particulier, nous allons creuser la modélisation probabiliste permettant de représenter l'incertitude des données manipulées, et nous allons développer des méthodes de résolution approchées pour les problèmes déjà identifiés. Pour cette raison, nous estimons pertinent d'employer un ingénieur qui sera capable de mener à bien les deux premiers points (élaboration de la plateforme d'extraction de données, de la base de données permettant de les stocker, et développement du logiciel). C'est la raison de cette demande de financement.

## 2 Résultats attendus et caractère innovant de la recherche

**Résultats attendus.** Concrètement, le projet doit aboutir à la production de deux ressources. Tout d'abord, une base de données constituée des graphes signés extraits des données brutes à notre disposition, qui décrivent les relations entre commanditaires et soumissionnaires. L'autre ressource est logicielle : elle correspond à l'implémentation des principes explorés dans le travail déjà effectué, et intégrera les évolutions réalisées d'ici-là. Ce logiciel sera publié sous licence libre et donc accessible à tous, y compris aux institutions qui voudraient l'utiliser. Cependant il faut préciser qu'il ne s'agira que d'un prototype, qui n'est pas destiné à être utilisé par des non-spécialistes. Nous comptons nous appuyer sur cette première version pour développer ensuite à la fois les fonctionnalités d'analyse et l'interface utilisateur, afin d'obtenir à plus long terme un outil qui serait plus orienté-utilisateur.

Outre ces aspects bien concrets, nous attendons également de ce projet des résultats d'ordre méthodologique. Pendant que l'ingénieur réalisera le travail d'implémentation, nous continuerons à travailler sur les méthodes d'analyse de graphes signés, et plus particulièrement leur application aux marchés publics. Ceci permettra notamment, comme nous l'avons déjà mentionné, d'étayer notre dossier ANR.

**Caractère innovant.** Nous avons commencé à attaquer le problème de l'équilibre structurel du point de vue des réseaux complexes, en adoptant une approche ascendante, ce qui est une approche nouvelle pour ce problème-là. Le travail effectué en 2016 a consisté à proposer des formulations mathématiques nouvelles du problème de partitionnement de graphes signés, et les méthodes de résolution permettant de les traiter. L'implémentation que nous comptons effectuer maintenant, ainsi que la base de données que nous comptons constituer, nous permettront d'évaluer ces nouveaux outils, et d'orienter leur développement ultérieur.

En fonction de la qualité opérationnelle des résultats obtenus, il nous sera en effet possible de continuer dans la même voie, ou d'envisager de nouvelles variantes plus adaptées de l'équilibre structurel. Le passage à l'échelle peut révéler des limitations dans les méthodes de résolution que nous avons proposées, ce qui entraînerait la nécessité de les adapter, et de développer des méthodes approchées. Si les performances sont au rendez-vous, nous pourrions envisager de contacter des institutions ou des ONG intéressées par la surveillance des marchés publics pour leur proposer un test en situation réelle.

## 3 Dimension interdisciplinaire et cohérence avec Agorantic

**Dimension interdisciplinaire.** Le projet vise à promouvoir la recherche interdisciplinaire entre le LIA et le LBNC. Il réunit des chercheurs de ces deux laboratoires, membres de la structure fédérative de recherche Agorantic :

- Laboratoire Informatique d'Avignon (LIA) : Vincent LABATUT est spécialisé dans l'analyse des réseaux complexes. Il a travaillé sur la détection de communautés (i.e. le partitionnement de graphes non-signés), et il est expérimenté pour ce qui touche à l'analyse de réseaux représentant des

systèmes du monde réel. Rosa FIGUEIREDO est spécialiste dans le développement de formulations de programmation linéaire en nombre entiers, d’approches de résolution exactes, de formulations étendues et de formulations robustes pour des problèmes d’optimisation combinatoire. Au cours des dernières années, elle s’est intéressée aux problèmes d’optimisation étudiés dans ce projet.

- Laboratoire Biens, Normes et Contrats (LBNC) : Pierre-Henri MORAND consacre une partie importante de ses travaux à l’analyse des mécanismes d’enchères et des marchés publics. Depuis ses travaux doctoraux (analyse des mécanismes d’enchères combinatoires), il mobilise les outils de la théorie des jeux non-coopératifs en asymétrie d’information pour déterminer les stratégies optimales des entreprises dans les appels d’offres (*bidding strategies*) ou caractériser les propriétés souhaitables des procédures (*mechanism design*). Il s’intéresse en particulier à la question de la formation et au comportement de groupements d’entreprises dans les marchés publics, à l’alotissement des marchés publics, à la dématérialisation de la commande publique ainsi qu’au rôle de l’accès à l’information dans le comportement stratégique des entreprises et des acheteurs.

**Cohérence avec Agorantic.** Thématiquement, ce projet s’intègre dans deux des axes actuels d’Agorantic :

- Axe 2 *Réseaux sociaux, structures, contenus et usages* : le but principal du projet est l’extraction de graphes et la résolution de problèmes relatifs à leur analyse. De ce point de vue, notre projet est plus proche de cet axe pour ce qui est de la méthodologie.
- Axe 3 *Patrimoine, territoire et politiques publiques* : l’objectif à terme est également de questionner la stratégie des territoires (en l’espèce les différentes entités administratives recourant aux marchés publics, municipalités, départements, régions, états) sur la nature, l’exhaustivité, la disponibilité des jeux de données ouverts et notamment dans leur capacité à autoriser par les outils que nous souhaitons développer, la détection des phénomènes d’entente, de capture ou de concurrence effective.

## 4 Partenariats extérieurs

**Partenariats en cours.** V. PONCIANO, l’étudiant de M2 qui a bénéficié du financement Agorantic en 2016, est co-encadré par R. GREGORIO, MCF d’informatique à l’UFRRJ de Rio de Janeiro. avec lequel nous collaborons sur l’analyse de graphes signés. Il est spécialisé dans les problèmes d’optimisation multiobjective, et ce type de méthodes est particulièrement intéressant dans notre cas, car il permettrait de distinguer l’importance des liens positifs et négatifs lors du calcul de l’équilibre structurel. Jusqu’à présent, nous donnons autant d’importance aux deux types de liens.

Nous travaillons également avec Sébastien DESTERCKE, CR CNRS à Heudiasyc (Université Technologique de Compiègne), qui est spécialisé dans la modélisation de l’incertain et la fusion d’information. L’incertain apparaît à plusieurs niveaux dans notre projet : d’une part, les données brutes ne sont pas complètement fiables, et la certitude sur l’existence ou l’absence d’un lien dans le graphe qui en est extrait doit donc être modélisée pour pouvoir être prise en compte. D’autre part, un tel graphe contenant des relations incertaines nécessite un traitement spécifique, et donc l’adaptation des méthodes d’analyse existantes, ou le développement de méthodes spécifiques. Le but de cette collaboration est dans un premier temps de développer les aspects méthodologiques de notre projet, avant d’utiliser les méthodes obtenues pour traiter les différents champs d’application considérés. Nous commencerons par l’identification de situations de corruption et de collusion, avant de nous tourner vers les données décrivant le vote au Parlement Européen, et éventuellement d’autres données issues de nos partenaires.

**Partenariats à venir.** Dans le dossier présenté pour obtenir le financement Agorantic 2016, nous avons mentionné notre intention de soumettre un projet ANR. C’est chose faite, sous la forme du projet ANR JCJC EARS (Exploiting Antagonistic Relations Under the Structural Balance Hypothesis) porté par R. FIGUEIREDO. Ce projet inclut (en plus de l’équipe de ce projet CoCoMA) Zacharie ALÈS, MCF au LIA, Guillaume MARREL (MCF HDR au LBNC), S. DESTERCKE (mentionné précédemment) et Yuri FROTA (Professeur associé à l’Université Fédérale de Fluminense, Brésil). Nous avons également déposé un projet IUF (Institut de France) intitulé SIGNS (Signed Graphs and Polarization in Social Systems), et porté par V. LABATUT. Ces deux projets visent à continuer l’exploration des points méthodologiques et applicatifs que nous avons commencé à traiter grâce aux financements successifs déjà reçus (pour mémoire : LIA, PGMO, Agorantic). Ils diffèrent de par l’orientation générale qui leur est donnée : problèmes d’optimisation pour EARS contre extraction de données/analyse de réseaux complexes pour SIGNS.

À la suite du séminaire JGSS organisé au printemps dernier à Avignon (cf. Section 1, Positionnement), et portant sur la modélisation des systèmes sociaux via les graphes, nous avons eu l’occasion de prendre plusieurs contacts européens, notamment avec Jerome KUNEGIS (Université de Koblenz-Landau, Allemagne), Vincent TRAAG (Université de Leiden, Pays-Bas), Patrick DOREIAN (Université de Pittsburg,

USA, et Université de Ljubljana, Slovénie) et Christine LARGERON (Université de Saint-Étienne). Sur cette base, nous envisageons de déposer une demande de financement européen de type ITN-EJD (International Training Network - European Joint Doctorate) en 2017. Il s'agit de former un consortium visant à la formation et au co-encadrement d'une dizaine de doctorants sur 4 ans. Là encore, nous comptons adopter une approche ascendante (i.e. orientée données) consistant à développer des méthodes d'analyse des graphes signés spécifiquement pour résoudre des problèmes applicatifs bien précis (par opposition à une approche générique).

De façon moins directe, nous avons participé au montage du projet ANR PRC DISCOVER (Digital Societies and Communities), en cours d'évaluation, et à celui du projet H2020 FET Proactive DIGISCUTE (Digital Societies and Communities), qui a été écarté en 2016 mais sera resoumis en 2017. Ces projets sont tous les deux portés par Rachid ELAZOUZI (Pr. au LIA). Notre participation y est directement liée à l'activité entamée avec notre projet Agorantic, et notre objectif y est à la fois de développer cette activité, et de démarrer des collaborations avec les autres partenaires aux niveaux méthodologiques et applicatifs. Ces deux projets portent sur l'étude de communautés d'utilisateurs en ligne, en utilisant plusieurs angles différents, notamment sociologique et politique. Les graphes signés seront particulièrement importants pour modéliser le conflit dans ce type d'environnement.

## 5 Budget prévisionnel

**Ingénieur en CDD : 5900 Euros.** V. PONCIANO, l'étudiant de M2 qui a réalisé le travail d'animation en 2016, a surtout permis d'avancer sur l'aspect méthodologique et théorique du projet, domaines dans lesquels il était plus à l'aise et productif. Il nous faut donc maintenant effectuer un important travail d'ingénierie : d'une part implémenter les méthodes proposées, afin de pouvoir les éprouver et les évaluer de façon suffisamment exhaustive, et d'autre part constituer une base de données de graphes signés issus des données réelles brutes disponibles, afin justement de pouvoir réaliser ce travail d'évaluation.

Ces tâches représentent une importante quantité de travail, et nécessitent une expertise technique certaine. C'est la raison pour laquelle nous voulons recruter un ingénieur pendant 6 mois pour les effectuer. Nous avons d'ores et déjà identifié une personne possédant toutes ces qualités : il s'agit d'un ancien étudiant turc de V. LABATUT (lequel a enseigné plusieurs années à l'[université francophone de Galatasaray](#) à Istanbul), qui a depuis obtenu à la fois son diplôme d'ingénieur en informatique de l'université Galatasaray, et un Master en informatique de l'INSA Lyon, en double diplôme. Il est donc extrêmement bien formé, très bon francophone, et qui plus est hautement motivé. Il s'agit pour nous d'une occasion unique de faire significativement avancer notre projet, que nous ne voulons pas manquer. Cet étudiant serait salarié via Campus France, ce qui permettrait de lui verser approximativement 900 euros par mois (plus 1400 euros de charges). Il faut noter que l'étudiant a clairement manifesté son intérêt et sa motivation pour continuer ensuite ce travail en commençant un doctorat. Si nous avons la possibilité de sécuriser son intérêt pour le sujet en l'employant, nous le présenterons comme candidat à une bourse doctorale Agorantic.

**Autres financements.** Comme indiqué précédemment, nous avons déposé des demandes de financement national auprès de l'ANR (projets JCJC EARS et PRC DISCOVER) et de l'IUF (projet SIGNS) en 2016, et nous comptons déposer des demandes de financement européen (projet FET Proactive DIGISCUTE et projet ITN-EJD) en 2017.

Au niveau local, nous comptons également solliciter le conseil académique de l'UAPV pour soutenir la phase d'implémentation de ce projet (axe *Culture, Patrimoines, Sociétés Numériques*).

## 6 Annexes

### Fiche budgétaire prévisionnelle :

- Ingénieur en CDD : 5900 Euros, rémunéré via Campus France
  - 900 euros par mois pendant 5 mois
  - 1400 euros de charges via Campus France

---

### Publications de l'équipe du projet

---

- [T1] L. Drummond, R. Figueiredo, Y. Frota, and M. Levorato. Efficient solution of the correlation clustering problem : an application to structural balance. *Lecture Notes in Computer Science*, 8186 :674–683, 2013.
- [T2] N. Dugué, V. Labatut, and A. Perez. Identifying the community roles of social capitalists in the twitter network. In *IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Network Analysis and Mining (ASONAM)*, pages 371–374, 2014.
- [T3] R. Figueiredo and Y. Frota. An improved branch-and-cut code for the maximum balanced subgraph of a signed graph. *arXiv*, cs.DM :1312.4345, 2013.
- [T4] R. Figueiredo and G. Moura. Mixed integer programming formulations for clustering problems related to structural balance. *Social Networks*, 35(4) :639–651, 2013.
- [T5] B. Kantarcı and V. Labatut. Classification of complex networks based on topological properties. In *3rd Conference on Social Computing and its Applications*, pages 297–304, 2013.
- [T6] V. Labatut. Étude de l'omniprésence des propriétés petit-monde et sans-échelle. In *5ème Conférence sur les modèles et l'analyse de réseaux : approches mathématiques et informatiques*, page 12p, 2014.
- [T7] M. Levorato, L. Drummond, Y. Frota, and R. Figueiredo. An ILS algorithm to evaluate structural balance in signed social networks. In *ACM Symposium on Applied Computing*, pages 1117–1122, 2015.
- [T8] M. Levorato, R. Figueiredo, Y. Frota, and L. Drummond. Evaluating balancing on social networks through the efficient solution of correlation clustering problems. *EURO Journal on Computational Optimization*, 2017.
- [T9] F. Maréchal and P.-H. Morand. Free riding in combinatorial first-price sealed-bid auctions. *The B.E. Journal of Theoretical Economics*, 9(1), 2009.
- [T10] F. Maréchal and P.-H. Morand. The public release of information in first-price sealed-bid auctions. *Review of Economic Design*, 16(4) :323–330, 2012.
- [T11] I. Mendonça, R. Figueiredo, V. Labatut, and P. Michelon. Informative value of negative links for graph partitioning, with an application to european parliament votes. In *6ème Conférence sur les modèles et l'analyse de réseaux : approches mathématiques et informatiques*, page 12p, Nîmes, FR, 2015.
- [T12] I. Mendonça, R. Figueiredo, V. Labatut, and P. Michelon. Relevance of negative links in graph partitioning : A case study using votes from the european parliament. In *2nd European Network Intelligence Conference*, 2015.
- [T13] P.-H. Morand. Accès des PME aux marchés publics : allotissement ou groupement? *Économie Publique / Public Economics*, 10(2002/1), 2002.
- [T14] P.-H. Morand. SMEs and public procurement policy. *Review of Economic Design*, 8(3) :301–318, 2003.
- [T15] G. K. Orman, V. Labatut, and H. Cherifi. Comparative evaluation of community detection algorithms : A topological approach. *Journal of Statistical Mechanics*, 08 :P08001, 2012.

---

### Autres publications

---

- [16] P. Abell and M. Ludwig. Structural balance : a dynamic perspective. *Journal of Mathematical Sociology*, 33 :129–155, 2009.
- [17] G. Agarwal and D. Kempe. Modularity-maximizing graph communities via mathematical programming. *European Physical Journal B*, 66(3) :409–418, 2008.
- [18] A. Amelio and C. Pizzuti. Community mining in signed networks : A multiobjective approach. In *IEEE-ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining*, 2013.
- [19] N. Bansal, A. Blum, and S. Chawla. Correlation clustering. In *43rd IEEE symposium of foundations of computer science*, pages 238–250, 2002.
- [20] M. Brusco, P. Doreian, A. Mrvar, and D. Steinly. Two algorithms for relaxed structural balance partitioning : linking theory, models and data to understand social network phenomena. *Sociological Methods & Research*, 40 :57–87, 2011.

- [21] M. Brusco and D. Steinley. Integer programs for one- and two-mode blockmodeling based on prespecified image matrices for structural and regular equivalence. *Journal of Mathematical Psychology*, 53(6) :577–585, 2009.
- [22] M. Brusco and D. Steinly. K-balance partitioning : an exact method with applications to generalized structural balance and other psychological contexts. *Psychological Methods*, 15 :145–157, 2010.
- [23] T. S. Chandrashekar and Y. Narahari. Procurement network formation : A cooperative game approach. *International Series in Operations Research & Management Science*, 152 :185–206, 2011.
- [24] B. DasGupta, G. A. Enciso, E. Sontag, and Y. Zhang. Algorithmic and complexity results for decompositions of biological networks into monotone subsystems. *BioSystems*, 90 :161–178, 2007.
- [25] J. A. Davis. Clustering and structural balance in graphs. *Human Relations*, 20(2) :181–187, 1967.
- [26] P. Doreian and A. Mrvar. A partitioning approach to structural balance. *Social Networks*, 18(2) :149–168, 1996.
- [27] P. Doreian and A. Mrvar. Partitioning signed social networks. *Social Networks*, 31(1) :1–11, 2009.
- [28] P. Esmailian, S. E. Abtahi, and M. Jalili. Mesoscopic analysis of online social networks : The role of negative ties. *Physical Review E*, 90(4) :042817, 2014.
- [29] M. Fazekas and I. J. Tóth. From corruption to state capture : A new analytical framework with empirical applications from hungary. *Political Research Quarterly*, 69(2) :320–334, 2014.
- [30] N. Gülpinar, G. Gutin, G. Mitra, and A. Zverovitch. Extracting pure network submatrices in linear programs using signed graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 137 :359–372, 2004.
- [31] P. Hansen and B. Jaumard. Cluster analysis and mathematical programming. *Mathematical Programming*, 79 :191–215, 1997.
- [32] F. Harary, M. Lim, and D. C. Wunsch. Signed graphs for portfolio analysis in risk management. *IMA Journal of Management Mathematics*, 13 :1–10, 2003.
- [33] F. Heider. Attitudes and cognitive organization. *Journal of Psychology*, 21 :107–112, 1946.
- [34] F. Huffner, N. Betzler, and R. Niedermeier. Separator-based data reduction for signed graph balancing. *Journal of Combinatorial Optimization*, 20 :335–360, 2010.
- [35] T. Inohara. On conditions for a meeting not to reach a deadlock. *Applied Mathematics and Computation*, 90(1) :1–9, 1998.
- [36] E. L. Johnson, A. Mehrotra, and G. L. Nemhauser. Min-cut clustering. *Mathematical Programming*, 62 :133–151, 1993.
- [37] A. Lancichinetti, S. Fortunato, and F. Radicchi. Benchmark graphs for testing community detection algorithms. *Physical Review E*, 78(4 Pt 2) :046110, Oct 2008.
- [38] A. Mehrotra and M. A. Trick. A column generation approach for graph coloring. *INFORMS Journal of Computing*, 8 :344–354, 1996.
- [39] B. Yang, W. K. Cheung, and J. Liu. Community mining from signed social networks. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 19(10) :1333–1348, 2007.
- [40] B. Yang and D.-Y. Liu. A heuristic clustering algorithm for mining communities in signed networks. *Journal of Computer Science and Technology*, 22(2) :320–328, 2007.
- [41] Y. Zeng and J. Liu. Community detection from signed social networks using a multi-objective evolutionary algorithm. *Proceedings in Adaptation, Learning and Optimization*, 1 :259–270, 2015.