

Le bulletin

Semestriel



Bulletin de
la Société Française
de Recherche Opérationnelle
et d'Aide à la Décision

Édition Automne 2012 - Hiver 2013
Numéro 29 - janvier 2013

Le mot du bureau

Article invité : B. Escoffier

Des algorithmes non polynomiaux ?

Article invité : M. Chardy, M.-C. Costa, A. Faye, S. Francfort, C. Hervet, M. Trampont

La RO au cœur du déploiement du Fiber To The Home à France-Télécom Orange

Article invité : A. Robert et G. Erbs

Le Centre d'Expertise en Études et Modélisations Économiques de GDF SUEZ

Conférence ROADEF 2013

Bilan du Challenge ROADEF-EURO 2012

Vie des groupes de travail ROADEF

Nouvelles du projet UNIT EnsROtice

Manifestations passées ou à venir

La RO dans les médias

Les énigmes de la RO

Rejoindre la ROADEF

Éditeur.....Nadia Brauner, Laboratoire G-SCOP, 46 av. Félix Viallet, 38031 Grenoble Cedex

Siège social.....Institut Henri Poincaré, 11, rue Pierre et Marie Curie, 75231 Paris Cedex 05

Publication.....Olivier Spanjaard, LIP6 - UPMC, 4 Place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05

Site web.....<http://www.roadef.org>

Langues officielles.....Français et anglais

Le mot du bureau

Chers amis de la ROADEF, Chers collègues,

Encore une année riche en événements de RO qui s'achève. Notons en particulier le challenge ROADEF/EURO proposé en collaboration avec Google et l'organisation de la dernière conférence ROADEF à Angers, qui furent tous deux des succès pour la vie de la communauté. Cet éditio est l'occasion de remercier encore une fois tous ceux qui par leur investissement, leur dynamisme, leur passion font vivre ces événement qui structurent notre communauté.

Notons également que cette année, Cédric Villani, Médaille Fields, a parlé plusieurs fois de la Recherche Opérationnelle dans les grands médias à audience nationale (France Inter, le Monde). N'hésitez pas à aller voir la rubrique "La RO dans les médias" sur le site web de la ROADEF et à nous signaler toute contribution que nous aurions oubliée.

Dans ce numéro, vous trouverez un article invité de Bruno Escoffier sur les algorithmes super polynomiaux (algorithmes exponentiels et FPT), à l'occasion de la Médaille de bronze du CNRS (INS2I) qui lui a été remise. Le second article de Matthieu Chardy, Marie-Christine Costa, Alain Faye, Stanislas Francfort, Cédric Hervet et Mathieu Trampont évoque un travail sur le déploiement du Fiber To The Home à France-Télécom Orange, travail qui a été récompensé par le prix Orange de l'Innovation 2012 (compétition interne aux entités d'innovation du groupe France-Télécom Orange) dans la catégorie Réseaux. C'est ensuite le Centre d'Expertise en Études et Modélisations Économiques de GDF SUEZ qui fait l'objet d'une présentation par Anna Robert et Guillaume Erbs.

Pour l'année prochaine, au delà des problèmes scientifiques qui nous intéressent, des groupes de travail réfléchissent et proposent des actions pour l'enseignement de la RO, un site web de présentation de la RO pour le grand public et les industriels, une soirée de promotion de la RO suite au livre blanc, un nouveau challenge ROADEF, etc. Je vous donne rendez-vous à Troyes du 13 au 15 février, pour la prochaine édition de la conférence ROADEF pendant laquelle aura lieu l'assemblée générale de l'association, et je vous souhaite une année 2013 riche de réussites en RO.

Nadia Brauner
Présidente de la ROADEF

Contactez le bureau

Vous pouvez joindre chaque membre du bureau par e-mail à partir de sa fonction :

- president@roadef.org : Nadia Brauner
- secrtaire@roadef.org : Dominique Feillet
- tresorier@roadef.org : Frédéric Gardi
- vpresident1@roadef.org : Olivier Spanjaard (le bulletin)
- vpresident2@roadef.org : Nathalie Sauer (le site web)
- vpresident3@roadef.org : Luce Brotcorne (4'OR et relations internationales)
- Chargé de mission pour la promotion de la RO/AD : Laurent Alfandari

Pour écrire à l'ensemble du bureau, vous pouvez utiliser l'adresse : bureau@roadef.org

Article invité

Des algorithmes non polynomiaux ?

Bruno Escoffier¹

escoffier@lamsade.dauphine.fr

Depuis nos premiers pas en informatique autour d'algorithmes de tri jusqu'à notre problème d'optimisation favori aujourd'hui, la question de l'efficacité des méthodes que nous mettons en œuvre est bien souvent au centre de nos préoccupations. Savoir dans quelle mesure il est possible de résoudre le problème posé étant données les ressources (temps et espace mémoire) à disposition est une (la ?) question centrale en algorithmique en général et en recherche opérationnelle en particulier.

Cette question a donné naissance au domaine de la complexité algorithmique dont le cadre théorique, majoritairement développé autour de la complexité au pire des cas, s'est très tôt orienté vers la dichotomie bien connue : le problème est-il résoluble en temps polynomial ou non ? Cette focalisation est justifiée (entre autres) par des considérations d'efficacité pratique, comme le souligne Edmonds [5] :

For practical purposes the difference between algebraic and exponential order is more crucial than the difference between finite and non finite.

Cette distinction est bien sûr pertinente, et il n'est pas question de remettre ici en cause son intérêt à la fois théorique et pratique. Notons néanmoins qu'Edmonds ajoute :

It would be unfortunate for any rigid criterion to inhibit the practical development of algorithms which are either not known or known not to conform nicely to the criterion.

Autrement dit, une première réponse du type "problème polynomial"/"problème NP-difficile" ne doit pas éluder notre préoccupation initiale : comment puis-je résoudre au mieux mon problème, quelle est la "meilleure" complexité que l'on peut obtenir pour sa résolution ? Il s'agit ainsi de prolonger l'étude de complexité au-delà de la question de la polynomialité, et ce que le problème soit polynomial (point (1) ci-dessous) ou NP-difficile (point (2)).

(1) Disposant d'un "budget" de 20 sommets, vous voulez savoir si vous pouvez couvrir toutes les arêtes d'un graphe avec (au plus) 20 sommets (problème bien connu de la couverture de sommets dans un graphe). Certes vous avez un algorithme polyno-

mial en $O(n^{22})$ - ou quelque chose comme ça mais au point où on est est ! - mais bon... Cette situation est également typique des schémas d'approximation (PTAS) dont la complexité est souvent en $n^{O(1/\epsilon)}$ ce qui donne des algorithmes non utilisables même pour des marges d'erreur assez grandes. Ces deux exemples sont assez triviaux mais il est de manière générale clairement reconnu que le degré du polynôme (dans la complexité d'un algorithme) est essentiel et doit rester très petit dès lors que les instances à résoudre sont "grandes".

(2) A l'opposé, que faire lorsque le problème est NP-difficile ? Les algorithmes approchés polynomiaux peuvent fournir une réponse intéressante, proposant un compromis entre temps de calcul et qualité de la solution. Cependant, le développement des systèmes de preuves probabilistes (PCP) dans les années 90 [1] a permis d'établir que de nombreux problèmes sont également NP-difficiles à approcher. Pour répondre à notre question il semble donc inéluctable de se tourner vers des algorithmes **super polynomiaux**. La conception d'algorithmes super polynomiaux pour la résolution de problèmes NP-difficiles a bien sûr toujours été un des centres d'intérêts de la recherche opérationnelle et de l'optimisation combinatoire, mais l'analyse des méthodes conçues en terme de complexité algorithmique est devenu depuis une dizaine d'années seulement un axe majeur de la recherche en algorithmique. Cet axe regroupe une large communauté de chercheurs, en France (citons par exemple - la liste est non exhaustive - le LIRMM à l'université Montpellier II, le LIFO à l'université d'Orléans, le LITA à l'université Paul Verlaine, le Lamsade à l'université Paris-Dauphine) et à l'étranger (l'*Algorithms Research Group* de l'*University of Bergen*, le *theoretical computer science group* de la *RWTH Aachen University* et le groupe *Theoretische Informatik* de l'*Universität Trier* ne sont là encore que quelques exemples au niveau européen).

La conception d'algorithmes super polynomiaux est orientée principalement dans deux directions complémentaires :

- les algorithmes exponentiels ;

1. Lamsade, Université Paris Dauphine, Place du Maréchal de Lattre de Tassigny, 75775 Paris Cédex 16

- les algorithmes FPT (*Fixed Parameter Tractable*).

• Algorithmes exponentiels

Prenez votre problème NP-difficile favori, disons pour fixer les idées le problème précédemment évoqué de la couverture minimum de sommets dans un graphe. Votre problème admet généralement un algorithme exhaustif trivial (nous travaillons la plupart du temps sur des structures finies), ici l'algorithme consistant à énumérer chacun des 2^n sous-ensembles de sommets (n étant le nombre de sommets du graphe), et à retenir parmi eux la plus petite couverture de sommets. La complexité de cet algorithme est en $O^*(2^n)^2$. La question que l'on se pose alors est la suivante : puis-je faire mieux ? Puis-je résoudre ce problème en $O^*(1.99^n)$ (question théorique) ? en $O^*(1.3^n)$ (ah, ça serait déjà mieux) ? en $O^*(1.0001^n)$ (il ne faut peut-être pas rêver non plus !) ? en $O^*(2^{\sqrt{n}})$ (sans commentaire) ?

Voici deux bonnes nouvelles : oui, il est possible de faire mieux que $O^*(2^n)$, et de manière très simple ! Considérons l'algorithme suivant, consistant à faire un arbre de recherche basé sur une règle de branchement (comme un *branch and bound* sauf qu'on n'a pas besoin du *bound* !) :

(1) si le graphe a un degré maximum 2, résoudre le problème en temps polynomial (le graphe est constitué de chaînes et de cycles donc le problème est facile à résoudre) ;

(2) sinon, considérer un sommet v de degré maximum, et brancher sur v : soit on le prend dans la solution (et on le retire du graphe avec les arêtes qui lui sont incidentes), soit on ne le prend pas. Dans ce deuxième cas, nous devons prendre tous ses voisins, que nous retirons également du graphe. Une solution optimale s'obtient immédiatement à partir de la résolution du problème sur les deux sous-graphes obtenus.

Analysons alors la complexité de l'algorithme, en regardant le nombre de feuilles de l'arbre. Dans le cas d'un branchement, v ayant un degré au moins 3, dans le premier cas un sommet est retiré (v), dans le deuxième cas au moins 4 sommets sont retirés (v et ses voisins). La relation de récurrence donnée par cette analyse montre que l'algorithme est en $O^*(1.39^n)$: une amélioration très sensible (par rapport à 2^n) avec un algorithme très simple.

Le jeu consiste ensuite à améliorer ce premier résultat. Pour cela, et en fonction des nombreux problèmes étudiés, différentes méthodes de conception et d'analyse d'algorithmes ont été proposées ; cer-

taines se basent sur des méthodes classiques en optimisation combinatoire (comme la conception d'un arbre de recherche dans l'exemple précédent, ou la programmation dynamique), d'autres sont originales (comme l'utilisation du principe d'inclusion-exclusion). Je vous invite à consulter l'ouvrage [6], qui contient à la fois un exposé simple et pédagogique des méthodes, et les résultats principaux du domaine.

• Algorithmes FPT

Revenons à nouveau sur notre problème de couverture de sommets, avec notre "budget" de 20 sommets pour couvrir toutes les arêtes. L'algorithme polynomial en $O(n^{22})$ est clairement inefficace. Dans l'approche précédente, le "meilleur" algorithme exponentiel connu est en $O^*(1.23^n)$ [3], ce qui permet de traiter des instances d'une centaine de sommets ou un peu plus, mais en aucun cas des instances de disons 1000 sommets...

L'idée des algorithmes FPT consiste à exploiter le fait que l'on ait ici un budget fixé, 20 sommets. Il s'agit bien sûr de l'exploiter plus finement que l'algorithme en $O(n^{22})$... Pour avoir une complexité raisonnable il faut éviter à tout prix que le budget intervienne dans la puissance du polynôme. Si $k = 20$ est le budget, on cherche alors une complexité de la forme $f(k)n^c$ où f est une fonction indiquant la dépendance en fonction du budget, et c une constante *indépendante de k* . Un algorithme ayant une telle complexité est dit FPT (par rapport à notre *paramètre k* , le budget). Est-ce possible ?

Là encore, deux bonnes nouvelles : c'est possible, et de manière très simple. Par le développement d'un arbre de recherche, on peut obtenir aisément un algorithme de complexité $O(2^k(m+n))$ (où m est le nombre d'arêtes) : cet algorithme est donc linéaire en la taille de l'instance si k est fixé. Avec un budget de $k = 20$, les instances de quelques milliers de sommets ne posent aucun problème.

La conception d'algorithmes FPT a également donné lieu à une vaste littérature et au développement de plusieurs méthodes de conception d'algorithmes ; je renvoie le lecteur intéressé vers l'ouvrage [4]. Notons que les problèmes sont analysés suivant plusieurs paramètres. J'ai utilisé dans l'exemple le budget (savoir s'il existe une solution de valeur au plus k), ce qui est un paramètre naturel pour l'ensemble des problèmes ; on peut cependant vouloir regarder la complexité d'un problème en fonction de paramètres sur la structure de l'instance par exemple. Puis-je avoir un algorithme en

2. Oui, nous avons la fâcheuse mais compréhensible habitude de ne pas écrire les facteurs polynomiaux, absorbés par la notation O^* , pour ne retenir que le facteur dominant (exponentiel) de la complexité...

$f(\Delta)n^c$ où Δ est le degré maximum du graphe? En $f(tw)n^c$ où tw est la largeur d'arbre du graphe (*treewidth*)? De manière générale, il s'agit de faire une analyse de la complexité de résolution d'un problème non plus monovariée (en fonction de la seule taille de l'instance) mais *multivariée* (taille de l'instance et un autre paramètre). Le but est à la fois théorique - cerner plus finement où se situe la difficulté intrinsèque d'un problème - et pratique - en déduire des algorithmes efficaces lorsque le paramètre est faible.

• Limites théoriques

Finies les bonnes nouvelles, passons aux mauvaises! De la même manière que la NP-difficulté accompagne la recherche d'algorithmes polynomiaux en indiquant les limites, il convient bien sûr de s'interroger sur les limites des deux approches proposées (algorithmes exponentiels et FPT). Concernant la première, les algorithmes développés dans ce cadre sont très souvent exponentiels : je veux dire par là que s'il existe des problèmes résolubles en temps *sous-exponentiels*³, finalement pour la plupart des problèmes "classiques" on ne connaît pas d'algorithmes sous-exponentiels⁴. De même, pour la deuxième approche, j'ai donné un exemple d'algorithme FPT pour le problème de couverture de sommets paramétré par le budget, mais cela ne semble pas toujours possible. Peut-on alors obtenir des résultats négatifs?

Idéalement on voudrait montrer que si $P \neq NP$ alors :

- tel problème n'est pas résoluble en temps sous-exponentiel ;
- tel problème n'admet pas d'algorithme FPT (relativement à tel paramètre).

Malheureusement de tels résultats sont très rares⁵. Devant la difficulté d'obtenir de tels résultats, la parade a été de définir de nouvelles hypothèses de complexité sur lesquelles se baser pour obtenir des résultats négatifs. Ainsi :

- Dans le domaine des algorithmes exponentiels a été formulée l'hypothèse ETH (*exponential time hypothesis*) stipulant que le problème 3-SAT (satisfiabilité sur des clauses de taille au plus 3) n'est pas résoluble en temps sous-exponentiel ;
- Dans le domaine des algorithmes FPT a été formulée l'hypothèse $FPT \neq W[1]$ qu'il serait trop long d'expliquer ici, mais qui est bâtie sur

le même principe que l'hypothèse $P \neq NP$.

Sous ces hypothèses de nombreux résultats négatifs ont été obtenus : par exemple notre problème de la couverture de sommets n'est pas résoluble en temps sous-exponentiel sous ETH, et son plus proche cousin, le fameux stable maximum, n'est pas résoluble en temps FPT (paramétré par la valeur de la solution) si $FPT \neq W[1]$. L'obtention de résultats négatifs plus fins (tel problème n'est pas résoluble en $O(1.5^n)$ par exemple, ou en $O(1.5^k n^c)$) est par ailleurs une question largement ouverte à l'heure actuelle.

• Un compromis qualité/complexité ?

Conscients de ces résultats négatifs, une idée naturelle consiste à outrepasser ces limites en cherchant des compromis entre temps de calcul et qualité de la solution retournée, à la manière de l'approximation polynomiale pour les problèmes NP-difficiles.

Prenons ainsi un problème pour lequel il n'existe pas d'algorithme approché polynomial garantissant un certain rapport r (si $P \neq NP$). Puis-je alors trouver un algorithme r -approché certes super polynomial, mais beaucoup plus rapide que le meilleur algorithme exact connu? Puis-je obtenir une complexité sous exponentielle? Une complexité FPT si la résolution exacte ne l'est pas?

Ces questions sont activement étudiées à l'heure actuelle. Un certain nombre de méthodes ont été conçues et permettent d'obtenir effectivement un compromis entre complexité et rapport d'approximation. Généralement ces méthodes combinent ou étendent celles développées dans les cadres de l'approximation polynomiale et des algorithmes (exacts) exponentiels et FPT. Je n'en dis pas plus (4 pages c'est court!!) et vous renvoie vers un chapitre de livre donnant quelques exemples de méthodes et de résultats [2]. Ah, une chose quand même : ici aussi, il semble la plupart du temps difficile d'obtenir une complexité sous-exponentielle, même avec des algorithmes approchés. L'obtention de résultats négatifs est ici également une direction encore largement inexplorée.

• Des algorithmes opérationnels ?

Bulletin de la ROADEF... O comme "opérationnelle". Alors, les algorithmes exponentiels? La question qui fâche? Oui et non... Bon, allez, je me décide, non! Voici quelques éléments de réponse, à

3. Un exemple bien connu est le problème de la couverture de sommets dans les graphes planaires.

4. Il existe bien sûr des problèmes qu'on ne sait pas résoudre en temps exponentiel, mais super-exponentiel!

5. Mais nous en avons rencontré un exemple : si $P \neq NP$ on ne peut avoir un algorithme en $f(\Delta)n^c$ pour la couverture de sommets car un tel algorithme permettrait de résoudre en temps polynomial le problème sur les graphes de degré 3, cas qui est NP-difficile!

charge et à décharge.

(a) Il ne s'agit pas de se cacher derrière l'algorithme du simplexe, dont l'efficacité est connue de tous, mais qui reste un exemple très isolé.

(b) Dans la communauté, la question théorique domine largement les préoccupations liées à de possibles implantations (mais après tout la question est suffisamment intéressante pour qu'on y passe du temps, non ?).

(c) Des expérimentations sont quand même menées, et montrent par exemple que l'introduction de règles de réduction d'instances ou de branchement bien choisies permettent d'améliorer significativement le comportement d'un algorithme basique : baisser la complexité de 2^n à 1.3^n comme on l'a vu dans le problème de la couverture de sommets permet effectivement d'augmenter la taille des instances résolues rapidement. Il pourrait être intéressant dans certains cas de pousser un peu plus loin ces expérimentations. Dans le cadre des algorithmes approchés super polynomiaux notamment, on obtient parfois des rapports d'approximation raisonnables avec des complexités en $O(1.01^n)$ par exemple, possiblement efficaces donc pour des instances de tailles modérées.

(d) De là à comparer les algorithmes proposés à des algorithmes efficaces en pratique, il y a un (grand) pas, et ceci pour au moins deux raisons.

- il semble très délicat de prendre en compte, dans un calcul de complexité au pire cas, certains éléments fondamentaux des algorithmes performants en pratique. Un exemple : on ne sait pas mesurer le gain théorique de l'élagage opéré grâce au *bound* dans un algorithme de *branch and bound*!
- l'approche "pire cas" est particulièrement contraignante, et la comparaison avec des algorithmes efficaces sur des jeux d'instances réelles n'est pas vraiment équitable. . .

Je suis tenté de faire un parallèle avec la différence "heuristiques" (métaheuristiques par exemple) / "algorithmes approchés" (à rapport garanti) pour la résolution polynomiale, les premiers étant généralement plus efficaces sur des instances réelles, les deuxièmes garantissant une qualité de performance.

(e) Terminons par un note positive ! Un axe particulier a conduit à des améliorations nettement plus notables sur la résolution de jeux d'instances réelles, l'axe de recherche appelé *kernelization* (que l'on pourrait traduire par "réduction à un noyau"), dans le cadre des algorithmes FPT. Reprenons une

dernière fois notre problème de couverture de sommets avec un budget de $k = 20$. En appliquant un pré-traitement du graphe avec la méthode de Nemhauser et Trotter [7] (basé sur la résolution du programme linéaire relâché), on peut en *temps polynomial* se ramener à un graphe ayant au plus $2k = 40$ sommets (appelé noyau), quel que soit le nombre de sommets initial !! La taille du graphe obtenu dépend **uniquement** de notre budget k . Si l'on avait 10000 sommets au départ, le gain est donc manifeste ! Il est particulièrement intéressant de savoir qu'un tel pré-traitement est **toujours** possible lorsqu'un problème est résoluble en temps FPT⁶

Il semble clair qu'effectuer un pré-traitement de ce type, pour ensuite appliquer un algorithme efficace sur l'instance réduite, peut conduire à des résultats numériques intéressants. Et c'est effectivement le cas, pour des problèmes de différents types et sur des jeux d'instances réelles ! Une direction de recherche actuelle consiste à optimiser ces pré-traitements en cherchant à obtenir les instances réduites (les noyaux) les plus petites possibles.

Références

- [1] Sanjeev Arora, Carsten Lund, Rajeev Motwani, Madhu Sudan, and Mario Szegedy. Proof verification and the hardness of approximation problems. *J. ACM*, 45(3) :501–555, 1998.
- [2] Nicolas Bourgeois, Bruno Escoffier, Vangelis Th. Paschos, and Emeric Tourniaire. Moderately exponential approximation (chapitre 16). In Ali R. Mahjoub, editor, *Combinatorial Optimization : Recent Progress*. Iste - Wiley and Sons, 2012.
- [3] Nicolas Bourgeois, Bruno Escoffier, Vangelis Th. Paschos, and Johan M. M. van Rooij. Fast algorithms for max independent set. *Algorithmica*, 62(1-2) :382–415, 2012.
- [4] Rodney G. Downey and Michael R. Fellows. *Parameterized complexity*. Monographs in Computer Science. Springer, 1999.
- [5] Jack Edmonds. Paths, trees, and flowers. *Canad. J. Math.*, 17 :449–467, 1965.
- [6] Fedor V. Fomin and Dieter Kratsch. *Exact Exponential Algorithms*. Springer, 2011.
- [7] George L. Nemhauser and L. E. Trotter. Vertex packings : structural properties and algorithms. *Math. Programming*, 8 :232–248, 1975.

6. Pour être précis : on peut toujours se ramener en temps polynomial à une instance équivalente dont la taille est uniquement fonction du paramètre - et pas de la taille de l'instance initiale.

Article invité

La RO au cœur du déploiement du Fiber To The Home à France-Télécom Orange

La RO récompensée par le prix Orange de l'Innovation 2012 (catégorie Réseaux)

Matthieu Chardy¹, Marie-Christine Costa², Alain Faye³

matthieu.chardy@orange.com, marie-christine.costa@ensta-paristech.fr, alain.faye@ensiie.fr

Stanislas Francfort¹, Cédric Hervet^{1,2} et Mathieu Trampont^{1,2}

{stanislas.francfort, cedric.hervet}@orange.com

1 Introduction

L'objectif actuel des opérateurs télécoms est de proposer et fournir des services à valeur ajoutée, toujours plus consommateurs en ressources réseaux. Longtemps situé dans le réseau dit « cœur » (i.e. la partie du réseau inter-connectant les grandes villes françaises ou internationales), le goulot d'étranglement en termes de capacité s'est aujourd'hui déplacé vers le réseau dit d'« accès » (i.e. les quelques kilomètres qui séparent les terminaux des clients du premier équipement intelligent : antenne, DSLAM, etc...).

Pour les réseaux d'accès mobile, les opérateurs ont depuis longtemps engagé le renouvellement de leurs infrastructures, avec l'apparition de la téléphonie mobile de deuxième génération (2G), puis celle de troisième génération (3G), et bientôt en France de celle de quatrième génération (4G) offrant des débits toujours plus élevés. En ce qui concerne le réseau d'accès fixe, cette nécessaire montée en débit s'est effectuée sans changer l'infrastructure physique cuivre, profitant d'une « simple » modulation de la fréquence des signaux transportés (bas-débit versus haut-débit). Mais aujourd'hui, le réseau cuivre montre ses limites à accompagner la bande passante toujours plus importante attendue par les utilisateurs. Et cette limite ne ferait que s'accroître dans le futur.

Face à ce constat, les opérateurs télécoms sont contraints d'engager un renouvellement de leur réseau d'accès fixe. La technologie fibre retenue par France-Télécom Orange est la Fiber To The Home (FTTH), et plus précisément l'architecture Passive Optical Network (PON) (cf Figure 1 pour une illustration des différentes technologies et architectures d'un réseau d'accès optique). Il s'agit d'une architecture dite Point à Multipoints, où chaque fibre

optique partant du cœur de réseau est démultipliée lors de son passage dans des équipements passifs appelés coupleurs optiques : une fibre dessert jusqu'à 64 clients qui ont, en bas de chez eux, une fibre optique individuelle.

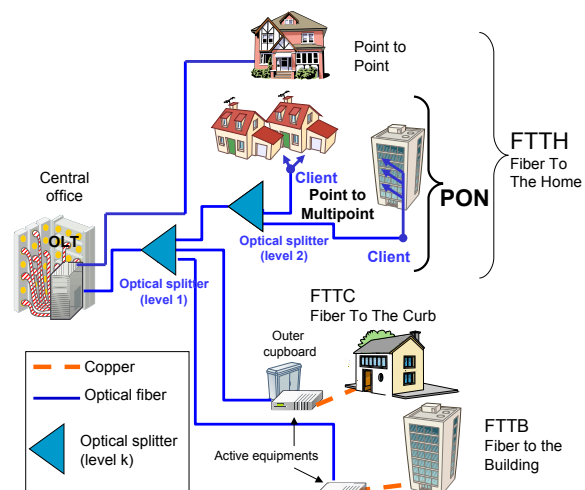


Fig 1 : Les architectures FTTH.

Ce renouvellement complet de l'infrastructure du réseau d'accès fixe s'effectue de manière progressive et nécessitera un investissement échelonné estimé à plusieurs dizaines de milliards d'euros d'ici sa fin prévue en 2020. Pour se faire une idée de l'ampleur d'un tel projet, il s'agira de déployer plusieurs dizaines de millions de kilomètres de fibre optique. Face à de tels enjeux financiers et à une telle complexité dans le choix du déploiement d'un réseau FTTH (pour une ville comme Brest il s'agit de déployer une telle architecture dans une infrastructure de plusieurs milliers de sites et tronçons de génie civil), un outil d'optimisation du design des réseaux FTTH PON apparaît crucial.

1. France-Télécom Orange, Issy-les-Moulineaux

2. Laboratoire CEDRIC, ENSTA-ParisTech, Palaiseau

3. Laboratoire CEDRIC, ENSIIE, Evry

La conception de réseaux d'accès a été le sujet de nombreux travaux de recherche sur différentes versions du problème (voir les surveys [4], [8] et [11]). Le trait commun de ces problèmes est la construction d'un réseau à partir d'une liste de nœuds et de liens potentiels. A un lien est associé un coût fixe (construction) et un coût variable dépendant de sa longueur et de la quantité de flot qu'il transporte. Il faut non seulement choisir les liens mais aussi les câbles installés sur ces liens pour connecter les clients au point d'accès du réseau cœur. Le prix des câbles dépend de leur capacité. Ils peuvent être regroupés de façon optimale (au sens des coûts d'installation) en modules de sorte que l'on met au plus un module par lien ([14], [10]). Une autre problématique intervient lorsque l'on considère un réseau d'accès où deux types de technologies cohabitent comme la liaison cuivre et la liaison fibre optique. Il faut dans ce cas implanter des équipements sur les nœuds du graphe pour permettre le passage d'une technologie à l'autre. Il y a un équipement au plus par nœud ([13], [5], [1], [3]). Les modèles mathématiques de ces problèmes sont basés sur des multiflots en nombres entiers. La complexité des problèmes résulte notamment d'un nombre de variables très importants. Ils sont souvent résolus de façon approchée par décomposition du problème ou à l'aide d'heuristiques lagrangiennes. Les réseaux optiques FTTH induisent de nouvelles difficultés. Les équipements installés sur les nœuds sont des coupleurs. Il peut y en avoir plusieurs par nœud (pas seulement un). Le rôle de ces coupleurs est de démultiplier les fibres entrantes. Ainsi une fibre entrant dans un nœud est démultipliée en plusieurs fibres si elle passe par un coupleur. Dans les modèles précédents les flots ne sont pas démultipliés et suivent simplement les lois de conservation en chaque nœud. De plus, il y peut y avoir plusieurs niveaux de coupleurs entre le point d'entrée du réseau cœur et un client ce qui conduit à des réseaux à plus de deux niveaux. Dans les références ([12], [9], [6], [7]) on pourra trouver diverses variantes de ce problème.

2 Modélisation et résolution

Face à la complexité du problème, la résolution se fait en deux étapes. La première concerne l'acheminement des fibres chez les clients et le placement des coupleurs optiques. La deuxième concerne le groupement des fibres dans des câbles. La première partie sera résolue à l'aide de la PLNE. L'aspect câblage sera traité ensuite par une méthode heuristique. France-Télécom Orange a décidé d'utiliser l'infrastructure existante qui est suffisante pour le

développement des nouvelles connexions optiques. L'infrastructure est modélisée par un graphe non orienté $G = (V, E)$. Les sommets ou nœuds sont numérotés de 0 à n , le sommet 0 représentant la position de l'Optical Line Termination (OLT), équipement permettant l'accès au réseau cœur. Les sommets représentent la position des clients et des chambres permettant d'accueillir les coupleurs, ou simplement le croisement de conduites. Il est possible de placer plusieurs coupleurs sur un nœud. Par contre au nœud de l'OLT, il n'y a ni client ni coupleur. Un nœud peut contenir plusieurs clients logés dans un immeuble ou une résidence pavillonnaire. Les arêtes du graphe représentent les conduites dans lesquelles sont acheminées les fibres. Les conduites ont une capacité limitée. De l'OLT partent des fibres de niveau 1. Pour chaque fibre de niveau k arrivant dans un coupleur correspondent m_k fibres de niveau $k + 1$ sortant du coupleur. m_k étant une constante, il se peut que des fibres sortant d'un coupleur soient inutilisées. La demande au sommet i correspond au nombre de fibres de niveau 3 nécessaires pour servir les clients au sommet i . Le coût d'installation du réseau optique comprend les coûts des coupleurs (achat + installation) et le coût des fibres. Il y a au total deux niveaux de coupleurs et trois niveaux de fibres. Les coûts des coupleurs et des fibres sont dépendants de leur niveau mais les variations entre niveaux sont faibles pour les fibres alors qu'elles sont plus importantes pour les coupleurs. Le coût des fibres est proportionnel à la longueur. Le problème est donc de décider où placer les coupleurs et comment router les fibres en respectant les contraintes de capacité des conduites pour satisfaire la demande des clients au moindre coût. Le modèle proposé est un programme linéaire en nombres entiers. Les données sont les suivantes :

d_{ij}^k : coût d'une fibre de niveau k routée sur l'arête $[i, j]$, $k = 1, 2, 3$.

C^k : coût d'un coupleur de niveau k , $k = 1, 2$.

m^k : nombre de fibres de niveau $k + 1$ quittant un coupleur de niveau k pour chaque fibre de niveau k arrivant au coupleur, $k = 1, 2$; $m^k \geq 2$.

a_i : demande au nœud i , i.e. nombre de fibres de niveau 3 nécessaire au service des clients situés en i ; $a_i \in \mathbb{N}$, $i = 0, \dots, n$. $a_0 = 0$.

b_{ij} : capacité de l'arête $[i, j]$, i.e. nombre maximum de fibres pouvant être ajoutées dans la conduite $[i, j]$, $[i, j] \in E$ ($b_{ij} \in \mathbb{N}$).

Les variables sont les suivantes :

z_i^k : nombre de coupleurs de niveau k installés au nœud i , $i = 0, \dots, n$, $k = 1, 2$.

\mathbf{f}_{ij}^k : nombre de fibres de niveau k routée sur l'arête $[i, j]$ de i vers j , $[i, j] \in E$, $k = 1, 2, 3$.

\mathbf{u}_i^k : nombre de fibres inutilisées de niveau k quittant un coupleur de niveau $k - 1$ au nœud i , $i = 0, \dots, n$, $k = 2, 3$.

Le problème à résoudre est le PLNE suivant. On remarquera qu'il s'agit d'une généralisation du modèle classique de multiflot.

$$\min_{\mathbf{f}, \mathbf{z}} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^2 C^k \mathbf{z}_i^k + \sum_{[i,j] \in E} \sum_{k=1}^3 d_{ij}^k (\mathbf{f}_{ij}^k + \mathbf{f}_{ji}^k)$$

sous contraintes :

$$(1) \sum_{j|j \in \Gamma(i)} \mathbf{f}_{ji}^1 = \mathbf{z}_i^1 + \sum_{j|j \in \Gamma(i)} \mathbf{f}_{ij}^1 \quad \forall i$$

$$(2) \sum_{j|j \in \Gamma(i)} \mathbf{f}_{ji}^2 + m^1 \mathbf{z}_i^1 = \mathbf{z}_i^2 + \sum_{j|j \in \Gamma(i)} \mathbf{f}_{ij}^2 + \mathbf{u}_i^2 \quad \forall i$$

$$(3) \sum_{j|j \in \Gamma(i)} \mathbf{f}_{ji}^3 + m^2 \mathbf{z}_i^2 = a_i + \sum_{j|j \in \Gamma(i)} \mathbf{f}_{ij}^3 + \mathbf{u}_i^3 \quad \forall i$$

$$(4) \sum_{k=1}^3 (\mathbf{f}_{ij}^k + \mathbf{f}_{ji}^k) \leq b_{ij} \quad \forall [i, j] \in E$$

$$\mathbf{z}_i^k \in \mathbb{N} \quad \forall i = 1, \dots, n, \quad k = 1, 2; \quad \mathbf{z}_0^k = 0 \quad \forall k = 1, 2$$

$$\mathbf{u}_i^k \in \mathbb{N} \quad \forall i = 1, \dots, n, \quad k = 2, 3; \quad \mathbf{u}_0^k = 0 \quad \forall k = 2, 3$$

$$\mathbf{f}_{ij}^k \in \mathbb{N} \quad \forall [i, j] \in E, \quad k = 1, 2, 3$$

Les contraintes (1) modélisent les fibres de niveau 1 entrantes dans un sommet i et leur utilisation ($i = 1, \dots, n$). Elles vont soit alimenter les coupleurs installés sur le nœud soit traverser simplement le nœud. Les contraintes (2) modélisent ce qui se passe au niveau 2. En un nœud i ($i = 0, \dots, n$), il y a des fibres entrantes de niveau 2 et les fibres de niveau 2 sortant des coupleurs de niveau 1 installés au nœud. Ces fibres vont soit alimenter d'autres coupleurs, de niveau 2 cette fois, soit simplement sortir du nœud. Certaines fibres peuvent être inutilisées. Les contraintes (3) modélisent le troisième et dernier niveau du réseau. En un nœud i ($i = 0, \dots, n$), on trouve les fibres de niveau 3 entrantes et les fibres de niveau 3 sortant des coupleurs de niveau 2 installés au nœud. Ces fibres de niveau 3 vont soit alimenter des clients soit traverser le nœud. Ici encore certaines fibres peuvent être inutilisées. Les contraintes (4) représentent la limite en nombre de fibres de tous niveaux passant dans les conduites.

Le problème a été résolu à l'aide de Cplex. Toutefois, il a été nécessaire d'ajouter deux techniques qui ont permis de résoudre efficacement des instances réelles. Tout d'abord, diverses règles ont permis de réduire considérablement la taille du graphe sous-jacent, d'environ 60% pour des graphes allant jusqu'à plusieurs milliers de nœuds et d'arêtes. Il faut noter que ces réductions ont été possibles parce

que les coûts des fibres des différents niveaux diffèrent d'au plus un facteur 2. Par ailleurs, un certain nombre de coupes polyédrales ont été ajoutées au modèle. Ces coupes sont fondées sur l'agrégation de contraintes et de variables du modèle. Une technique d'arrondi est ensuite appliquée et permet d'obtenir de nouvelles inégalités valides. Pour plus de détails, voir [2].

Une fois le routage des fibres et le placement des coupleurs obtenus, une heuristique permet de déterminer le regroupement des fibres en paquets correspondant à des câbles.

3 Prototype de recherche et résultats

Ces résultats d'optimisation ont été intégrés à un prototype de recherche permettant de faciliter et d'automatiser :

- les activités de budgétisation prévisionnelle et de planification des déploiements,
- la conception de réseaux de coût minimal garantissant l'éligibilité des clients, et ainsi permettre d'économiser plusieurs millions sur les coûts des futurs déploiements (équipement et main d'œuvre).

La Figure 2 montre une copie d'écran de l'interface d'accueil Intranet du prototype d'aide à la décision développé. L'utilisateur est invité à choisir sa zone de déploiement et certains paramètres de l'architecture à déployer (niveau de couplage et coût des équipements).

Actions

- Validate data
- Optimization data
- Run Optimizer

Inputs

User data

Instance: Strasbourg_ROB
 Architecture: Custom
 Splitting levels: [dropdown]
 Max. computation time (sec.): 0

Custom architecture parameters

	Level 0	Level 1	Level 2	Pon cards
Capacity	1	1		
Splitter price (€)	1	1	1	
Fiber price (€/km)	1			

Engineering rules

- Reuse of existing civil engineering
- Dimensioning of splitters according to marketing target (%)
- Dimensioning of Level1 fibers according to marketing target (%) 30
- Minimum number of served customers per PDZ (L1 splitters) 50 On average
- Minimum number of served customers per PE (L2 splitters)
- Customers are served by splitters L2 located at their PRI

Copyright © Orange Labs 2010-2011

Fig 2 : Interface utilisateur du prototype.

Le logiciel procède alors à l'optimisation du déploiement de l'architecture choisie sur la zone considérée et restitue les résultats sous forme de fichiers

Excel et Image dans un format SIG open source (cf Figure 3).

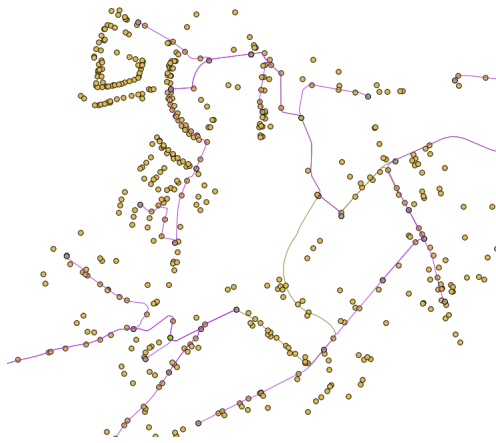


Fig 3 : Design de réseau FTTH PON.

Le logiciel a été testé sur des villes françaises où le déploiement du FTTH avait déjà été réalisé. La comparaison des coûts des réseaux obtenus manuellement et des réseaux optimisés, proposés par l'outil, ont montré que des économies importantes pourraient être réalisées grâce à un tel outil aussi bien sur les coûts de déploiement que sur les temps d'étude.

4 Conclusion

Ce prototype a mis la Recherche Opérationnelle à l'honneur car il a remporté le Prix de l'Innovation 2012 (compétition interne aux entités d'innovation du Groupe France-Télécom Orange) dans la catégorie Réseau. Un nouvel objectif est maintenant d'étendre le modèle de façon à prendre en compte l'incertitude des données.

Références

- [1] A.M. Costa, P.M. França, C. Lyra Filho. Two-level network design with intermediate facilities : An application to electrical distribution systems. *Omega* 39 (2011), pp.3-13.
- [2] M. Chardy, M.-C. Costa, A. Faye, M. Trampont. Optimizing splitter and fiber location in a multilevel optical FTTH network. *European Journal of Operational Research*, 222(3)(2012), pp. 430-440.
- [3] F.R. Cruz, G.R. Mateus, J. Macgregor Smith. A Branch-and-Bound Algorithm to Solve a Multi-level Network Optimization Problem. *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, 1 (2003), pp. 37-56.
- [4] E. Gourdin, M. Labbé, H. Yaman. Telecommunication and Location, in Z. Drezner and H. Hamacher (Eds), *Facility Location : Applications and Theory*, Springer (2002), pp. 275-305.
- [5] L. Gouveia, E. Janssen. Designing reliable tree networks with two cable technologies. *European Journal of Operational Research* 105 (1998), pp. 552-568.
- [6] S. Gualandi, F. Malucelli, D.L. Sozzi. On the Design of the Next Generation Access Networks. CPAIOR, *LNCS* 6140 (2010), pp. 162-175.
- [7] Y. Kim, Y. Lee, J. Han. A splitter location-allocation problem in designing fiber optic access networks. *European Journal of Operational Research*, 210, (2011), pp. 425-435.
- [8] A. Koster, X.M. Muñoz (Eds), *Graphs and Algorithms in Communication Networks : Studies in Broadband, Optical, Wireless, and Ad Hoc Networks*. Springer,(2009), 426 p.
- [9] J. Li, G. Shen, G. Cost Minimization Planning for Greenfield Passive Optical Networks, *Journal of Optical Communications and Networking*, 1-1, (2009), pp. 17-29.
- [10] I. Ljubic, P. Putz, J.-J. Salazar-Gonzalez. Exact Approaches to the Single-Source Network Loading Problem. *Networks*, 59-1, (2012), pp. 89-106.
- [11] G.R. Mateus, Z.K.G. Patrocínio Jr. Optimization Issues in Distribution Network Design, in *Handbook of Optimization in Telecommunication*, Resende, M. G. C. & Pardalos P. M. (Eds), (2006), Chapter 14.
- [12] K.F. Poon, D.B. Mortimore, J. Mellis. Designing optimal FTTH and PON networks using new automatic methods. *Proceedings of the 2nd Institution of Engineering and Technology International Conference on Access Technologies*, (2006), pp. 45-48.
- [13] C. D. Randazzo, H. P. L. Luna, P. Mahey. Benders Decomposition for Local Access Network Design with Two Technologies, *Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science*, 4, (2001), pp. 235-246.
- [14] F.S. Salman, R. Ravi, J.N. Hooker. Solving the Capacitated Local Access Network Design Problem, *INFORMS Journal on Computing*, 20-2, (2008), pp. 243-254.

Article invité

Le Centre d'Expertise en Études et Modélisations Économiques de GDF SUEZ

la RO, l'algorithmique, l'informatique, les statistiques, l'économie, l'économétrie et les
mathématiques financières réunis

Anna Robert anna.robert@gdfsuez.com
Guillaume Erbs guillaume.erbs@gdfsuez.com

Le Centre d'Expertise en Études et Modélisations Économiques de GDF SUEZ réunit les compétences en mathématiques appliquées et en économie au service des Branches Opérationnelles et Directions Fonctionnelles du Groupe. Ses missions sont de fournir des logiciels d'aide à la décision sur mesure et des études quantitatives pour appuyer les décisions économiques et stratégiques de GDF SUEZ. Cet article a pour objet de présenter la place de la Recherche Opérationnelle appliquée à l'économie⁴ au sein de GDF SUEZ ainsi que les problématiques et challenges rencontrés aujourd'hui.

5 Le CEEME, la Recherche Opérationnelle appliquée à l'économie au service de GDF SUEZ

Suite à la fusion des deux énergéticiens Gaz de France et SUEZ en 2008, l'ensemble des activités de Recherche Opérationnelle (RO) appliquée à l'économie issues des deux entreprises a été intégré en 2010 au sein du Centre d'Expertise en Études et Modélisations Économiques (CEEME). Ce Centre d'Expertise, rattaché à la Direction de la Stratégie et du Développement Durable de GDF SUEZ, réunit aujourd'hui environ 80 ingénieurs, en France et en Belgique.

Le CEEME a ainsi repris les activités économiques du Pôle Simulation et Optimisation de la Direction de la Recherche. Celles-ci portent sur des sujets liés à la gestion, la valorisation d'actifs énergétiques, à l'analyse des fondamentaux économiques dans l'environnement concurrentiel du Groupe, ainsi que les activités de statistiques, d'économétrie, de mathématiques financières et d'économie.

⁴. Une équipe de RO dédiée aux problèmes d'optimisation de réseau gazier physique est par ailleurs en place au sein de la Direction de la Recherche et Innovation du Groupe.

6 Missions du CEEME

Le CEEME a pour objectif d'aider le Groupe GDF SUEZ à gérer au mieux les enjeux stratégiques et opérationnels relatifs à l'économie au sens large. Il intervient lorsque la complexité ou la technicité des sujets justifie le recours à des compétences pointues dans les domaines précédemment cités. Il offre un appui méthodologique et supporte les entités dans leurs analyses économiques, leurs prises de décisions stratégiques et la gestion de portefeuilles d'actifs ainsi que dans leur gestion des risques. Enfin, il conçoit, développe et maintient des modèles dans ces domaines, et qui sont pour la plupart industrialisés et intégrés dans des logiciels opérationnels.

7 Organisation du CEEME

Le CEEME est aujourd'hui composé de deux départements, l'un ayant le rôle de bureau de conseil interne au Groupe, l'autre étant centré sur l'édition de logiciels d'aide à la décision intégrant des modèles et l'appui méthodologique y afférant.

7.1 Bureau de Conseil en études économiques et stratégiques

Les Branches opérationnelles et Directions fonctionnelles de GDF SUEZ font appel au CEEME pour les éclairer sur les questions économiques et stratégiques auxquelles elles font face. En particulier, les investissements dans des actifs nécessitent de prendre aujourd'hui des décisions qui doivent rester valables durant un horizon de temps futur lointain (20 à 30 ans), tout en tenant compte des évolutions possibles des marchés suite à des changements dans l'environnement économique ou la régulation. Parmi les questions d'actualité figurent l'im-

fact de l'intermittence des énergies renouvelables sur les systèmes énergétiques, l'impact de la création de marchés de capacités électriques en France et en Europe ou l'impact de la future restructuration des marchés du gaz en Europe.

Afin de répondre à ces questions, il est nécessaire de recourir à la modélisation des fondamentaux économiques qui permettent de déterminer l'équilibre entre l'offre et la demande à long terme et de faire des projections, notamment des prix de marchés qui permettent de calculer la rentabilité espérée des différents actifs. Selon les questions, les modèles doivent prendre en compte des éléments différents (concurrence pure et parfaite vs. imparfaite, granularité temporelle journalière vs. mensuelle, incertitudes, neutralité vs. aversion au risque, ...). Pour produire une étude, les analystes utilisent ainsi des modèles opérationnels existants ou construisent des modèles *ad hoc* incluant les éléments à analyser. Afin de permettre des développements rapides, nous utilisons de préférence un langage de modélisation multi-solveurs comme GAMS.

La construction de ces modèles nécessite, selon les cas, le recours à une combinaison de compétences en économie de l'énergie, en recherche opérationnelle, en statistiques ou en économétrie. Les principales techniques de RO que nous utilisons sont la Programmation Linéaire (souvent Stochastique, parfois en Nombres Entiers) et les Problèmes de Complémentarité ou Inégalités Variationnelles pour modéliser des équilibres économiques. Néanmoins, l'utilisation de ces outils suppose souvent des approximations importantes. Les challenges que nous rencontrons sont souvent liés à la recherche d'une modélisation pertinente pour capturer les effets des systèmes extrêmement complexes que nous analysons. La résolution des modèles les plus difficiles que nous pouvons rencontrer (Programmes Stochastiques, Programmes Mathématiques avec Contraintes d'Equilibre, ...) reste aussi un défi important.

7.2 Édition de Logiciels d'aide à la décision

Concernant les problématiques à plus court terme des Branches du Groupe, le CEEME intervient dans la conception de modèles et l'édition de logiciels opérationnels qu'il livre aux différentes entités. Les principaux sujets traités sont notamment :

- la prévision de production et de consommation énergétique, notamment au travers de leur corrélation avec les aléas climatiques ;
- la planification de la gestion d'actifs énergétiques (gaziers ou électriques) ;
- la valorisation d'options financières pour la couverture des risques liés aux aléas de prix et de consommation.

L'expertise en algorithmique et Recherche Opérationnelle est particulièrement sollicitée pour traiter les sujets d'optimisation des actifs énergétiques. Dans le monde gazier, nous nous intéressons à l'optimisation d'actifs tels que contrats d'achat à long terme, droits d'accès aux infrastructures (stockages, réseau de transport, terminaux méthaniers), flotte de navires méthaniers, contrats de vente en aval (dont les quantités sont soumises à différents aléas, en particulier l'aléa climatique), accès aux marchés spot. En électricité, les actifs considérés peuvent être les suivants : centrales thermiques, centrales à gaz naturel, vallées hydrauliques, parcs éoliens, etc.

Dans ce cadre, plusieurs configurations peuvent être envisagées : portefeuilles purement gaziers, purement électriques ou mixtes. Par ailleurs, les problèmes qui se posent sont les suivants : valorisation d'un unique actif énergétique seul face au marché, valorisation d'un actif en portefeuille, dimensionnement du portefeuille, planification de la gestion d'un portefeuille figé, ou encore pilotage opérationnel des actifs en portefeuille.

Afin d'optimiser au mieux la gestion des actifs énergétiques, leur modélisation se doit d'être adaptée à l'horizon temporel considéré. Les modèles réalisés par le CEEME sur ces sujets sont en général basés sur la Programmation Mathématique. La Programmation Linéaire pure est parfois suffisante, mais souvent une dimension combinatoire va venir s'ajouter au problème. La programmation stochastique et l'optimisation robuste peuvent aussi être envisagées. Dans quelques rares cas, l'intégration de non-linéarité dans les contraintes ou la fonction économique peut s'avérer incontournable. Ces modèles sont conçus à l'aide de modeleurs commerciaux comme OPL, Mosel, GAMS, ou encore MPL, et sont toujours résolus par des solveurs commerciaux (CPLEX, XPress-Optimizer/SLP, Gurobi). En outre, sur des problèmes isolés et de petite taille, la Programmation Dynamique est parfois implémentée, ainsi que la Programmation Dynamique Stochastique Duale.

Le CEEME intègre ces modèles dans des logiciels opérationnels qui sont ensuite livrés aux entités utilisatrices. Plusieurs modes de fonctionnement sont observés selon le modèle, en fonction de l'historique client ou du choix stratégique du CEEME. Ainsi, les outils livrés peuvent soit être intégrés au sein du SI du service client, soit être utilisables sans aucune intégration, dans ce cas, c'est le CEEME qui prend en charge la réalisation de l'interface utilisateur. Des formations sont régulièrement dispensées aux utilisateurs, et le CEEME entretient une relation étroite avec eux. Il leur assure un service de maintenance et support contractualisé, ce qui permet de ne pas mettre en risque le processus opérationnel. Ainsi, c'est une véritable activité d'éditeur de logiciels interne que mène le CEEME, et qui constitue une de ses missions à haute valeur ajoutée pour le Groupe.

8 Des atouts majeurs au service du Groupe

Le rapprochement étroit des différentes compétences issues des mathématiques appliquées offre beaucoup de souplesse et apporte une grande valeur aux projets réalisés, qui font bien souvent intervenir diverses spécialités. On trouve aujourd'hui au CEEME des économistes, des économètres, des statisticiens, des mathématiciens financiers, des ingénieurs, et bien entendu des algorithmiciens et des chercheurs opérationnels.

En outre, de par son positionnement centralisé, en-dehors des branches opérationnelles du Groupe,

le CEEME possède une vision d'ensemble des différents métiers de GDF SUEZ pour lesquels il travaille. Il peut suivre et analyser, en observateur, les relations et interactions entre les services avec lesquels il collabore et peut ainsi profiter de cette hauteur de vue pour apporter à ses commanditaires un appui et une mise en perspective de leurs activités. Les membres du CEEME profitent clairement de cette connaissance diversifiée pour être efficaces et pertinents dans leur travail quotidien.

9 Le CEEME, partenaire de la ROADEF

En tant que partenaire industriel de la ROADEF, GDF SUEZ maintient un lien fort avec la communauté RO. Les chercheurs opérationnels du Groupe sont membres de la ROADEF depuis de nombreuses années et ont souvent eu l'occasion de travailler avec d'autres membres, notamment au cours de leurs études. Dans cette perspective, le CEEME tente de rester impliqué dans la vie de l'association et participe chaque année au congrès, à l'occasion duquel il organise une session spéciale consacrée aux problèmes d'optimisation économique des systèmes énergétiques. Cette implication permet de conserver un lien avec nos collègues académiques et industriels avec qui nous partageons réflexions scientifiques et préoccupations liées au positionnement de la RO dans les diverses organisations. Ces échanges, toujours riches d'enseignements, sont d'autant plus appréciés qu'ils se déroulent toujours dans une ambiance conviviale.

Vie de l'association

Conférence ROADEF 2013

communiqué par Alice Yalaoui, Frédéric Dugardin, Christian Prins, Farouk Yalaoui

La prochaine édition du congrès annuel de la ROADEF aura lieu les 13, 14 et 15 février à l'Université de Technologie de Troyes (<http://roadef2013.utt.fr/>). Avec plus de 360 soumissions, cette édition 2013 regroupera des participants de plus de 20 pays et proposera plusieurs dizaines de sessions autour de thématiques variées permettant de couvrir largement le domaine de la recherche opérationnelle et de l'aide à la décision. De nombreuses sociétés partenaires de cet événement et organisatrices de sessions seront également présentes. Dans le cadre de 3 sessions plénières, Michel Gendreau présentera un exposé intitulé "Les problèmes stochastiques de tournées de véhicules : un survol et quelques développements récents", Jacques Teghem développera quant à lui "Quelques problèmes bi-critères d'ordonnancement de production" et Yves Crama proposera un exposé sur les "Méthodes Booléennes en Recherche Opérationnelle".

Rendez-vous à Troyes !

Le challenge ROADEF/EURO 2012

communiqué par le comité d'organisation :

Murat Afsar, Christian Artigues, Eric Bourreau et Safia Kedad-Sidhoum (ROADEF)

Ender Ozcan, Marc Sevaux (EURO), Emmanuel Guéré (Google)

challenge.roadef.org

Mirsad Buljabašić, Emir Demirović et Haris Gavranović remportent le challenge ROADEF/EURO 2012.

Le challenge ROADEF/EURO 2012 a été celui de tous les records depuis la création de ce challenge en 1999. Record de participation (plus de 80 équipes enregistrées, plus de 50 programmes reçus et pas moins de 30 équipes qualifiées) et record de prix (20000 Euros sur trois catégories). Proposé par Google, le sujet traitait d'un problème de réaffectation d'un très grand nombre de processus sur un très grand nombre de machines, avec des contraintes compliquantes et un objectif de minimisation d'un coût total à composantes multiples. La compétition a été rude. Les équipes qualifiées ont été présentées à Angers lors de ROADEF 2012 et les résultats finaux ont été annoncés en juillet à Vilnius pour EURO XXV où 5 sessions spéciales furent consa-

crées au challenge, un autre record.

C'est l'équipe de l'Université de Sarajevo (Bosnie) qui a remporté le challenge grâce à une méthode de recherche locale adaptative redoutablement efficace et à des bornes inférieures particulièrement instructives.

Le premier prix junior a été brillamment remporté par Wojciech Jaśkowski, Piotr Gawron, Marcin Szubert et Bartosz Wieloch, de l'Université de Technologie de Poznan (Pologne) qui ont proposé une hyperheuristique mélangeant recherche locale et programmation mixte en nombre entiers.

Le programme des vainqueurs est disponible en open source à l'adresse :

<https://github.com/harisgavranovic/roadef-challenge2012-S41>

Tous les résultats sont sur :

<http://challenge.roadef.org/2012/fr/>

Vie des groupes de travail ROADEF

Compte rendu des activités du groupe

JFRO : Journées Franciliennes de Recherche Opérationnelle

communiqué par Cédric Bentz

La 27^{ème} édition des Journées Franciliennes de Recherche Opérationnelle s'est déroulée le mardi 20 novembre 2012 à l'Université Paris 6 (Pierre et Marie Curie). Cette journée avait pour thème "Algorithmes faiblement exponentiels et FPT", et a accueilli une quarantaine de participants.

La journée a débuté par deux tutoriaux. Le premier, assuré par **Vangelis Paschos** (LAMSADE, Université Paris-Dauphine), a présenté la problématique de la conception d'algorithmes faiblement (ou modérément) exponentiels pour la résolution exacte de problèmes NP-difficiles, et les principales techniques de base du domaine. Ont ainsi été détaillés les méthodes de programmation dynamique et d'inclusion-exclusion, les algorithmes de branchement (où l'on cherche à obtenir les meilleures équations de récurrence possibles, via des règles de branchement et de réduction des instances) et leurs raffinements (branchements multiples, mémoire), mais également d'autres techniques, comme la recherche locale itérative. En guise de conclusion, quelques pistes de recherche future liées au domaine ont finalement été évoquées. Dans le second tutoriel, **Stéphan Thomassé** (LIP, ENS Lyon) a présenté les notions de base dans le domaine de la conception d'algorithmes FPT (pour *Fixed-Parameter Tractable*). Ont ainsi été évoqués le puissant "Grid Minor Theorem" de Robertson et Seymour, et son application à la résolution d'un problème de chemins disjoints dans les graphes, ainsi que la notion de largeur arborescente d'un graphe, que ce résultat exploite. Le caractère FPT du problème de 3-coloration paramétré par la largeur arborescente a ensuite été démontré, et le lien avec le théorème de Courcelle (qui lie l'expression d'un problème en logique monadique du second ordre et sa résolution efficace dans des graphes de largeur arborescente bornée) établi. Dans un second temps, la paramétrisation "classique", où le paramètre considéré est la valeur de la solution, a été introduite. La notion de *noyau* a été définie, puis illustrée sur le problème du transversal minimum d'un graphe. Enfin, des méthodes classiques de conception d'algorithmes FPT, comme les arbres de recherche bornés, le "color coding", la compression itérative ou l'utilisation de

séparateurs importants ont été décrites puis illustrées sur différents problèmes d'optimisation dans les graphes.

L'après-midi était constitué de quatre exposés de recherche. Le premier, présenté par **Bruno Escoffier** (LAMSADE, Université Paris-Dauphine), a décrit la problématique de la conception d'algorithmes *approchés* faiblement exponentiels ou FPT, ses liens avec le domaine des algorithmes exacts exponentiels ou FPT, et les principales techniques qui pouvaient s'appliquer (recherche "quasi-exhaustive", diviser pour approcher, élagage approché d'un arbre de recherche, etc.). Quelques pistes de recherche future ont également été proposées. Le second exposé a été donné par **Anthony Pérez** (LIFO, Université d'Orléans), qui a présenté un algorithme de noyau polynomial pour un problème de complétion de graphe, consistant à décider s'il est possible d'ajouter un nombre donné d'arêtes à un graphe quelconque pour le transformer en graphe d'intervalles propre. L'algorithme utilise notamment une propriété remarquable des graphes d'intervalles propres, à savoir l'existence d'un ordre particulier, appelé ordre "parapluie", sur les sommets. Enfin, une conjecture portant sur la possible caractérisation des problèmes de complétion de graphes admettant un noyau polynomial a été proposée. Le troisième exposé a été assuré par **Mathieu Liedloff** (LIFO, Université d'Orléans), qui a détaillé un algorithme exponentiel pour l'étiquetage $L(2, 1)$ de graphes. Le problème consiste à affecter des entiers à chaque sommet du graphe, de façon à ce que deux sommets adjacents quelconques aient des numéros différents et non consécutifs, et que deux sommets à distance deux quelconques aient des numéros différents. À l'aide de la notion de "proper pairs", d'un argument combinatoire suffisant pour les dénombrer efficacement, et d'une représentation compacte des solutions partielles, l'algorithme de programmation dynamique proposé s'exécute sensiblement plus rapidement que le meilleur algorithme connu auparavant. Enfin, dans le quatrième et dernier exposé de l'après-midi, **Mathieu Chapelle** (LIGM, Université de Marne-La-Vallée) a présenté deux nouveaux résultats concernant la résolution par des al-

algorithmes FPT de problèmes de domination généralisée, lorsque le paramètre considéré est la largeur arborescente du graphe. Il a notamment démontré l'existence d'une nouvelle famille de problèmes de domination généralisée $W[1]$ -difficiles pour ce paramètre, qui s'ajoutent ainsi aux deux problèmes jusqu'à présent identifiés, parmi ceux paramétrés par la largeur arborescente, comme n'admettant pas d'algorithme FPT (sauf si $FPT = W[1]$).

Les transparents des exposés de cette journée sont en ligne sur le site des JFRO (<http://jfro.roadef.org>).

Le comité d'organisation : Lucie Galand (Univ. Paris Dauphine), Hacène Ouzia (Univ. Paris 6), Cédric Bentz (Univ. Paris 11) et Nicolas Thibault (Univ. Paris 2)

compte rendu des activités du groupe

KSO : KnapSack et Optimisation

communiqué par Mhand Hifi

(Unité de Recherche EPROAD EA 4669, Université de Picardie Jules Verne)

Coordinateurs :

Didier El Baz, Moussa Elkihel, LAAS, Université de Toulouse
Said Hanafi, LAMIH, Université de Valenciennes
Imed Kacem, LCOMS, Université de Lorraine

Organisation d'issues spéciales. Les membres du groupe de travail KSO ont organisé et publié deux issues spéciales en 2012, dans des revues internationales :

- Special Issue on "*Polyhedra and Combinatorial Optimisation*", *International Journal of Mathematics in Operational Research*. Guest Editors M. Hifi, I. Kacem et A. R. Mahjoub (Volume 4, Issue 3, 2012).
- Special Issue on "*Knapsack Problems and Applications*", *Computers and Operations Research*. Guest Editors M. Hifi et R. M'Halla (Volume 39, Issue 1, Janvier 2012).

La première issue spéciale était dédiée à l'étude polyédrale et aux méthodes de coupes pour des problèmes d'optimisation combinatoire; elle a été conjointement organisée par M. Hifi et I. Kacem du GT KSO et A. R. Mahjoub du GT POC. Ce volume contient des travaux de recherche traitant les principes de l'approche polyédrale, de la programmation mathématique, de la programmation linéaire en nombres entiers, des algorithmes d'approximation polyédriques, des algorithmes du type "Branch& Cut" ainsi que de nouvelles reformulations.

La deuxième issue spéciale était dédiée aux problèmes de type "*knapsack et ses applications*". La revue spéciale présentait quatorze articles classés en trois catégories : des méthodes génériques pour la

résolution de problèmes de grande taille, des méthodes conçues pour des problèmes de découpe où de knapsack apparaissant lors de la relaxation du problème initial et des techniques de résolutions pour des applications industrielles directes.

Rencontres du groupe de travail KSO. Dans le cadre du groupe de travail KSO, l'équipe ROAD (*Recherche Opérationnelle et Aide à la Décision*), de l'Unité de Recherche EPROAD (*Eco-PROCédés, Optimisation et Aide à la Décision*) de l'Université de Picardie Jules Verne (nouvellement créée : janvier 2012), a organisé une journée interne sous le thème "*Knapsack et Applications*". Cette journée a eu lieu à la mi-novembre dans les locaux de l'Unité EPROAD sur le site d'Amiens. Nous donnons, ci-dessus, les titres de ces exposés ainsi que les orateurs.

- M. Hifi (EPROAD, Université de Picardie Jules Verne) : *Les liens entre knapsack, découpe, bin-packing et ordonnancement.*
- H. Mhalla (Taif University, KSA) : *Etude paramétrique du knapsack sharing.*
- I. Kacem (LCOMS, Université de Lorraine) : *Contraintes valides et coupes pour le Bin-Packing.*
- R. Ouafi (Université des Sciences et de la Technologie, Algérie) : *Autour de la programmation mathématique : réseaux de trafic urbain.*
- H. Akeb (ISC Paris School of Management) : *Modélisation et recherches par faisceaux pour le problème de tournées avec scoring.*
- R. Kheffache (Université Mouloud Mammerie, Algérie) : *Approximation polynomiale : cas du*

problème du chemin Hamiltonien à trois dépôts.

- L. Wu (EPROAD, Université de Picardie Jules Verne) : *Un nouveau modèle pour le problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps et capacité*.

Organisation de manifestations. Les membres du groupe de travail KSO participent à l'organisation de manifestations sous forme de Workshop, Journées, Sessions ... :

- D. El Baz organise le Workshop PCO'13 (*Parallel Computing and Optimization*), en conjonction avec le Symposium IEEE IPDPS 2013, à Boston (USA) : au mois de mai 2013 (voir le lien <http://conf.laas.fr/PCO13/>).
- S. Hanafi a organisé les Premières Journées RIO – *Rencontres Interdisciplinaires autour de l'Optimisation* –, du 18 au 19 octobre 2012, à l'Université de Valenciennes.
- L. Wu et M. Hifi organisent une Journée interne sur l'« *Ordonnancement, le placement et le Knapsack* », au deuxième semestre de l'année civile 2013, sur le site d'Amiens de l'Unité EPROAD, Université de Picardie Jules Verne.
- D. El Baz a organisé le Workshop PCO'12 (*Parallel Computing and Optimization*), en conjonction avec le Symposium IEEE IPDPS 2012, à Shanghai (China) : du 21 au 25 mai 2012 (voir le lien <http://conf.laas.fr/PCO12/>).
- Session « *méthodes parallèles pour les problèmes combinatoires* », organisée par M. Hifi et T. Saadi (Congrès de la ROADEF 2012, Angers).
- Session « *découpe et placement* », organisée par

M. Hifi et T. Saadi (Congrès de la ROADEF 2012, Angers).

Collaboration entre les membres du GT KSO. Une collaboration entre deux équipes de recherche, CDA du LAAS-CNRS–Toulouse et ROAD de l'EPROAD–UPJV, a donné lieu à un projet de recherche ANR sur le *calcul intensif pair-à-pair*. En 2012, cette collaboration a donné lieu à la soutenance de deux thèses de doctorat :

- Dans l'équipe CDA du LAAS-CNRS, Toulouse, M. Mohamed Lalami a soutenu une thèse intitulée « *Contribution à la résolution de problèmes d'optimisation combinatoire : méthodes séquentielles et parallèles* ». Cette thèse porte sur la résolution du problème du knapsack multiple au moyen d'une méthode heuristique. Par ailleurs, M. Lalami a étudié dans sa thèse la résolution parallèle de problèmes de sac à dos via des méthodes hybrides qui utilisent la puissance de calcul des cartes graphiques ou GPUs.
- Dans l'équipe ROAD de l'Unité EPROAD de l'Université de Picardie Jules Verne, Mlle Nawel Haddadou a soutenu une thèse intitulée : « *Contribution à la résolution parallèle et séquentielle des problèmes combinatoires : découpe et placement* ». Cette thèse porte sur l'adaptation de méthodes séquentielle et parallèles pour le problème de découpe contraint à deux niveaux ainsi que le problème de placement en trois dimensions. Le contenu de la thèse s'appuie principalement sur la modélisation des deux problématiques sous forme d'une série de problèmes de knapsack, puis résolus par des méthodes pair-à-pair.

Compte rendu des activités du groupe

META : théorie et applications des métaheuristiques

communiqué par Patrick Siarry et El-Ghazali Talbi

- Organisation de la conférence "International Conference on Metaheuristics and Nature Inspired Computing" (META'12), 27-31 octobre 2012, Port El-Kantaoui, Sousse, Tunisie : <http://www.lifl.fr/META2012> - 150 participants.
- Présentation plénière lors de la conférence "Conference on Communications, Computing and Control Applications" (CCCA'12), 6-8 décembre 2012, Marseille.
- Organisation d'une session spéciale "Applications of Metaheuristics to the Design Automation of Electronic Circuits", dans le cadre de la conférence "IEEE Congress on Evolutionary Computation" (CEC'13), 20-23 juin 2013, Cancún, México.

- Edition de deux livres :

1) "Hybrid Metaheuristics", E.-G. Talbi (Ed.), Series : Studies in Computational Intelligence, Vol. 434, 458 p., Springer, 2013.

2) "Heuristics : Theory and Applications", P. Siarry (Ed.), Nova Science Publishers, 2013.

compte rendu des activités du groupe

PM2O : Programmation Mathématique MultiObjectif

communiqué par Laetitia Jourdan

Coordinateurs :

Matthieu Basseur, Université d'Angers

Laetitia Jourdan, INRIA Lille Nord Europe, Université de Lille 1

Nicolas Jozefowicz, LAAS Toulouse, INSA Toulouse

Journées et Congrès

Lors du congrès ROADEF 2012 à Angers, le groupe PM2O a organisé une session spéciale PM2O. Ainsi nous avons pu suivre les présentations suivantes :

- Une approche intégrée pour la gestion multicritère d'un service neurologique de la chaîne hospitalière - Sylvain Bertel, Housni Boubaker and Pierre Fenies
- Approcher l'ensemble Pareto est-il un problème mono-objectif? Recherche locale multi-objectif basée sur les ensembles - Matthieu Basseur, Adrien Goëffon, Arnaud Liefoghe and Sébastien Verel
- Algorithmes génétiques à clés aléatoires biaisés pour les problèmes de tournées multi-objectif - Nicolas Jozefowicz
- Métaheuristique multiobjective pour le biclus-

tering de données biologiques - Khedidja Seridi, Laetitia Jourdan and El-Ghazali Talbi

- A propos de l'analyse de stabilité de l'ensemble des solutions efficaces dans les problèmes combinatoires multi-objectifs - Julien Roland, Yves De Smet and José Rui Figueira

Le groupe organise de nouveau des sessions dans le prochain congrès ROADEF à Troyes en 2013, venez nombreux !

Dans le cadre des activités du groupe, une réflexion sur l'optimisation multiobjectif et l'extraction de connaissance a été publiée dans un article d'EJOR :

David Corne, Clarisse Dhaenens, Laetitia Jourdan. Synergies between operations research and data mining : The emerging use of multi-objective approaches. *European Journal of Operational Research* 221(3) : 469-479 (2012).

Les informations sur le groupe sont disponibles sur <http://www.lifl.fr/PM2O/>, si vous souhaitez recevoir des informations sur la vie du groupe n'hésitez pas à contacter laetitia.jourdan@inria.fr

Compte rendu des activités du groupe

POC : Polyèdres et Optimisation Combinatoire

communiqué par Sylvie Borne

Sessions POC lors de la conférence ROADEF 2013

Le groupe de travail POC organise cette année encore des sessions autour des thématiques de POC dans le cadre de ROADEF 2013 qui aura lieu à Troyes du 13 au 15 février 2013. Nous espérons que ces sessions POC, très suivies les années précédentes, permettront de présenter de nouveaux résultats intéressants et seront l'occasion de collaborations.

JPOC8 du 26 au 28 juin 2013

L'année dernière, les journées JPOC avaient été remplacées par une conférence internationale parrainée par le groupe POC. La conférence ISCO 2012 (International Symposium on Combinatorial Optimization) a donc eu lieu 19 au 21 avril 2012 à Athènes en Grèce (<http://isco12.cs.aueb.gr/>). Cette année, les Journées Polyèdres et Optimisation Combinatoire reviennent et la huitième édition (JPOC8) aura lieu à l'Université Blaise Pascal de

Clermont-Ferrand, les 26, 27 et 28 juin 2013. Ce sera l'occasion de fêter comme il se doit le 10ème anniversaire des JPOC. Comme les journées précédentes, elles seront organisées en sessions plénières, afin de donner la possibilité aux participants d'assister à l'ensemble des exposés. Leur objectif principal est de proposer des présentations liées aux différents aspects des polyèdres et à leurs applications en optimisation combinatoire. Ces journées sont l'occasion de réunir des chercheurs dans ce domaine et dans les domaines proches, et venant des milieux académiques et industriels, permettant ainsi de construire des liens d'échange et de collaboration.

Minicours : Fonctions sous-modulaires et Optimisation combinatoire

Suite au succès des minicours qui avaient précédé les Journées JPOC depuis la 4ème édition, cette initiative sera reconduite, sur un nouveau sujet et avec de nouveaux intervenants, en amont des journées JPOC8 (du 24 au 26 juin). Ce cours portera cette année sur les fonctions sous-modulaires et l'optimisation combinatoire. Il est gratuit et ouvert à tous et peut être validé comme module dans les écoles doctorales.

Les animateurs du groupe POC
<http://www.lamsade.dauphine.fr/~poc/>

compte rendu des activités du groupe

SCDD : Systèmes Complexes et Décision Distribuée

communiqué par Marc Bui et Michel Lamure

Les activités scientifiques 2012 du groupe portent sur des activités de modélisation et de conception de solutions algorithmiques d'aide à la décision pour des systèmes socio-techniques complexes. La conception de ces outils informatiques d'aide à la décision trouvent leurs applications pour (i) la conception de système de supervision et d'analyse des données provenant de multiples unités de traitement géographiquement distribuées, (ii) le suivi de situations en traitant l'information provenant de réseaux de capteurs, avec par exemple, le suivi de la diffusion de la pollution, les systèmes complexes en Santé, ou encore la gestion des systèmes énergétiques sous l'angle "smart-grids", et ce, dans le cadre de collaborations avec l'industrie et d'institutions publiques. Les activités de recherche du groupe et leurs applications (mots-clés : décisions distribuées, analyse des données, human centric sensing) s'articulent autour de :

- la modélisation mathématique et les développements algorithmiques en liaison avec la modélisation mathématique (prétopologie stochastique);
- la modélisation informatique avec le développement d'algorithmes adaptés aux systèmes com-

plexes pour les dynamiques multi-échelles, – du développement des activités de modélisation vers les "smart-grids";

– de l'emploi des systèmes multi-agents pour la simulation, les SMA y sont exploités à la fois comme outils d'étude des systèmes socio-techniques complexes pour la reconstruction des faits mais également pour l'analyse prospective.

Ces travaux au cours de l'année 2012 ont également pris une orientation vers la veille scientifique stratégique et technologique (congrès VSST'12). Les laboratoires les plus actifs dans ce groupe de travail sont l'équipe CARO de l'UMR 8144 PRISM de l'université Versailles-Saint-Quentin, le laboratoire Santé, Individu, Société, EA 4128 de l'université de Lyon 1, le laboratoire CHArt EA4004 de l'EPHE et de l'université Paris 8, l'équipe SYSCOM du CRESTIC EA3804 de l'université de Reims. Le groupe s'est réuni plusieurs fois en 2012 avec, en général pour chacune de ses réunions une dizaine de personnes à Versailles ou Paris, mais également de façon formelle lors des journées d'études : les journées d'études prétopologie et décision complexe.

Nouvelles du projet UNIT EnsROtice

communiquées par Marie-Claude Portmann

Le projet EnsROtice a pris du retard, néanmoins, il a bien progressé depuis le dernier bulletin.

Un serveur vient d'être installé à l'Université de Lorraine (faculté des Sciences de Metz) sur lequel tous les développements vont être progressivement déposés.

L'URL suivante vous conduit à la page principale du projet sur le serveur qui a pour objectif de contenir des liens vers les différents chapitres. Ces liens seront peu à peu enrichis et les versions améliorées vont se succéder.

<http://ensrotice.sciences.univ-metz.fr/projet.html>

Les deux parties les plus avancées, déjà en ligne ou sur le point d'y être, sont actuellement la RO Stochastique ainsi que la théorie des graphes, mais les autres chapitres suivront au premier semestre 2013.

Description du chapitre sur les méthodes exactes

Trois grands chapitres figurent sur les méthodes "génériques" : un sur la programmation dynamique, un sur les procédures par séparation et évaluation et un sur la programmation linéaire en nombres entiers. Les chapitres sont illustrés de nombreux problèmes variés.

Description des chapitres sur la recherche opérationnelle stochastique

Les phénomènes aléatoires abordés dans le présent cours de RO concernent essentiellement les chaînes de Markov. Quoique "plus probabiliste", un cours sur les processus de Markov est également proposé. Des exercices corrigés permettent de tester les connaissances acquises. Le cours sur les files d'attente concerne le cas M/M/1 de manière classique avec illustration sur un cas concret. L'étudiant trouvera également un chapitre sur la fiabilité et le renouvellement d'équipements.

Description du chapitre sur la programmation linéaire

Les principes de base de la programmation linéaire seront présentés dans ce cours. Des animations illustreront les méthodes de résolution graphique et du simplexe (méthode dite du tableau), et des exercices corrigés permettront aux étudiants de tester les connaissances acquises et d'obtenir un retour sur leurs erreurs éventuelles. L'étudiant trouvera également quelques notions sur l'interprétation économique des résultats obtenus à partir d'un programme linéaire.

Description des chapitres sur la théorie des graphes

Le module de base contient l'ensemble des définitions et notions principales ainsi que les algorithmes les plus élémentaires. Les notions sont abondamment illustrées par des animations qui permettent de visionner de nombreux exemples, de construire des solutions ou de dérouler en pas à pas des algorithmes. Un chapitre sur les arbres de recouvrement minimaux est également terminé. D'autres chapitres sur des algorithmes exacts spécifiques à la théorie des graphes sont également en cours de finition.

Manifestations passées ou à venir

Conférences parrainées par la ROADEF

- **18-19 octobre 2012** RIO 2012, Valenciennes France.
- **15-16 novembre 2012** LFA 2012, Compiègne, France.
- **13-15 février 2013** ROADEF 2013, Troyes, France.

Écoles

- **7-13 avril 2013** Stochastic programming winter school, Tignes, France.
- **20-24 mai 2013** European Spring School on Vehicle Routing (VRP2013), Angers, France.
- **9-12 juillet 2013** Ecole des JDMACS, Strasbourg, France.

Autres conférences

- **17-19 octobre 2012** GOL 2012, Le Havre, France.
- **25-28 octobre 2012** IECON 2012, Montréal, Canada.
- **27-31 octobre 2012** META'2012, Port El Kantaoui, Sousse, Tunisie.
- **29-31 octobre 2012** SFC12, Marseille.
- **29-31 octobre 2012** MajecSTIC 2012, Lille.
- **22-23 novembre 2012** Journées STP du GdR MACS, Clermont-Ferrand.
- **15-16 novembre 2012** DA2PL, Mons, Belgique.
- **10-13 décembre 2012** IEEM 2012, Hong Kong.
- **7-11 janvier 2013** LION 7, Catania, Italie.
- **16-18 février 2013** SICORES, Barcelone, Espagne.
- **19-22 mars 2013** IMCIC 2013, Orlando, Floride, USA,.
- **7-10 avril 2013** TMS/DEVS 2013, San Diego, Californie, USA.
- **15-19 avril 2013** CIPLS 2013, Singapore.
- **6-8 mai 2013** CoDIT 2013, Hammamet, Tunisie.
- **9-11 mai 2013** ISORAP 2013, Marrakesh, Maroc.
- **20-22 mai 2013** IESM 2013, Rabat, Maroc.
- **19-21 juin 2013** MIM'2013, Saint Petersburg, Russie.
- **10-14 Juillet 2017** 20th IFAC World Congress 2017, Toulouse, France.

La RO dans les médias

- **Les Savanturiers**, 8 juillet 2012, interview de Cédric Villani dans lequel il parle de la recherche opérationnelle...
- **Cahier du Monde**, 3 mars 2012, "Tous connectés?", article de Cédric Villani sur les "Mathématique de la planification et l'optimisation".

Les liens vers un podcast de l'interview et vers le texte intégral de l'article figurent sur le site de la ROADEF.

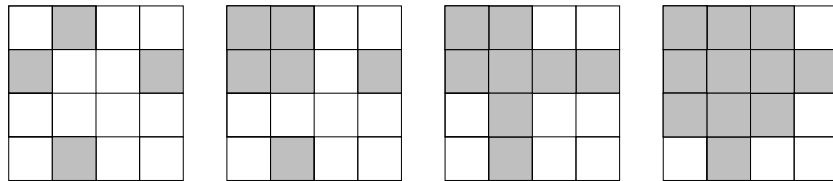
Enigme

L'échiquier gangréné

énigme communiquée par Denis Cornaz

Certaines cases d'un échiquier attrapent subitement une maladie contagieuse. L'infection menace alors l'ensemble des $n \times n$ cases par une propagation à toute case saine partageant au moins deux de ses quatre côtés avec des cases vérolées. Le processus ne se termine qu'après contamination totale de l'échiquier, ou lorsque toutes les cases saines ont moins d'une voisine sclérosée.

Dans l'exemple ci-dessous, $n = 4$ cases ont attrapé la maladie et la contamination totale est inévitable.



Mais si seulement $n-1$ cases tombent malades, existe-t-il un n et une configuration initiale contaminant totalement l'échiquier ?

Solution de l'énigme du bulletin n°28 : Sur chacune de ses deux îles voisines, chaque informaticien est connecté à au moins un autre informaticien. Murray Bozinsky est l'informaticien dont les connections sont les moins équilibrées de tous, on sait toutefois que dans l'île où il est connecté au minimum possible, disons avec k informaticiens, il est connecté avec Sophie Gadget. Dans la troisième île, Murray est connecté à $n - k + 1$ informaticiens et Sophie à au moins k informaticiens, d'où le triangle.

Rejoindre la ROADEF

Rôle de ROADEF

Selon ses statuts la ROADEF a pour mission de favoriser l'essor de la Recherche Opérationnelle et de l'Aide à la Décision en France. Pour cela, elle s'emploie à développer l'enseignement et la formation en RO-AD, favoriser la recherche dans le domaine de la RO-AD, diffuser la connaissance en matière de RO-AD, notamment auprès des industriels, représenter les intérêts de la RO-AD auprès des organisations nationales ou internationales ayant des buts similaires.

Cotisations 2013

Les cotisations pour l'année 2013 sont les suivantes :

- membre actif 57 euros
- membre étudiant (sans 4'OR) 15 euros
- membre étudiant (avec 4'OR) 30 euros
- membre retraité 40 euros
- membre institutionnel 170 euros
- membre bienfaiteur 150 euros
- membre partenaire 1000 euros

Les tarifs proposés ci-dessus incluent, outre les services habituels de l'association :

- Membre actif, retraité, bienfaiteur, étudiant tarif 30 euros : le bulletin ROADEF, 1 Abonnement à 4'OR, 1 tarif réduit aux conférences, 1 vote
- Membre étudiant, tarif 15 euros : idem sans 4'OR
- Membre institutionnel : le bulletin ROADEF, 1 Abonnement à 4'OR, 3 tarifs réduits aux conférences, 1 vote.
- Membre Partenaire : nombre illimité d'adhérents, ayant chacun un droit de vote, un accès à prix réduit aux congrès de la ROADEF, 5 abonnements maximum à 4'OR et au bulletin semestriel.

Inscriptions

Vous pouvez télécharger un formulaire d'adhésion sur le site de la ROADEF : <http://www.roadef.org>
 Pour toute information complémentaire, merci de contacter Frédéric Gardi (tresorier@roadef.org) ou Dominique Feillet (secretaire@roadef.org).

ROADEF : LE BULLETIN

Bulletin de la société française de recherche opérationnelle et d'aide à la décision
 association de loi 1901

Procédure technique de soumission :

Le texte soumis pour parution dans le bulletin doit être fourni à Olivier Spanjaard (vpresident1@roadef.org), préférablement sous forme de document latex.

Comité de rédaction :

Laurent Alfandari, Nadia Brauner, Luce Brotcorne, Dominique Feillet,
 Frédéric Gardi, Nathalie Sauer, Olivier Spanjaard.

Composition du Bulletin :

Olivier Spanjaard.

Ce numéro a été tiré à 410 exemplaires.

Les bulletins sont disponibles sur le site de la ROADEF.

4OR

A Quarterly Journal
of Operations Research

Editors-in-Chief

Leo Liberti
Thierry Marchant
Silvano Martello

Editorial Board

Alessandro Agnetis
Yves Crama
Gianni Di Pillo
Matthias Ehrgott
Matteo Fischetti
Michel Grabisch
Fikri Karaesmen
François Louveaux
Alix Munier
Marc Pirlot
Romeo Rizzi
Annick Sartenauer
Marc Sevaux
Maria Grazia Speranza
Francis de Véricourt

Senior Editors

Philippe Baptiste
Denis Bouyssou
Frank Plastria

INVITED SURVEY

Relaxations of mixed integer sets from lattice-free polyhedra

A. Del Pia · R. Weismantel 221

RESEARCH PAPERS

An adapted heuristic approach for a clustered traveling salesman problem with loading constraints

A. Felipe · M.T. Ortuno · G. Tirado 245

Bicriteria optimization in the newsvendor problem with uniformly distributed demand

F.J. Arceles · S. Kumar · G. Srinivasan 267

Pricing and setup/closedown policies in unobservable queues with strategic customers

W. Sun · Y. Wang · N. Tian 287

PHD THESES

Simulation-based optimization in port logistics

Rina Mary Mazza 313

Protection planning for critical infrastructure systems in location analysis: models and algorithms

F. Liberatore 315

Vehicle routing problems with trailers

J.G. Villegas 317

The development and application of metaheuristics for problems in graph theory: a computational study

S. Corsoli 319

Further articles can be found at www.springerlink.com

Abstracted/Indexed in: Science Citation Index Expanded (SciSearch), SCOPUS, Zentralblatt Math, EcosLit, Google Scholar, Academic OneFile, Cabell's, Digital Mathematics Registry, ECOMS, Expanded Academic, International Abstracts in Operations Research, Journal Citation Reports/Science Edition, Mathematical Reviews, OCLC, SCInova, Summon by Serial Solutions

Instructions for Authors for 4OR-Q J Oper Res are available at www.springer.com/10288