Le bulletin

Semestriel

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

Le mot du bureau
Éditorial : Juliette Mattioli
Les nouveaux défis des systèmes Thales d'aide à la décision
Article invité : Eric Gourdin, Bernard Liau, Adam Ouorou et Dritan Nace
Optimisation des réseaux de communication
Article invité : Francis Sourd
Ordonnancer Juste-à-temps
Vie de l'association :
Compte rendu de l'Assemblée Générale
Remise du Prix Robert Faure
Suite de l'ASRO : vers un GdR R.O.
Challenge ROADEF 2005
4'OR, revue de la ROADEF
Groupes de travail ROADEF
Manifestations parrainées par la ROADEF :
ROADEF'05 à Tours
MOSIM'04 à Nantes
Annonces des manifestations à venir
Rejoindre la ROADEF

Édition Printemps - Été 2004
Numéro 12 - Juin 2004

Éditeur ..... Marie-Christine Costa, CEDRIC - CNAM, 292 Rue Saint-Martin F75141 Paris cedex 03
Siège social ..... Jean-Charles Billaut, Département d'Informatique, Polytech'Tours, 64 avenue Jean Portalis 37200 Tours
Publication ..... Eric Sanlaville, LIMOS - Université Blaise Pascal, Campus des Cézeaux, 63173 Aubière Cédex
Site web ..... http ://www.roadef.org
Langues officielles ..... Français et anglais

Le mot du bureau de la ROADEF

Chers amies et amis de la ROADEF,
Au nom du nouveau bureau, je tiens tout d'abord à vous remercier de nous avoir accordé votre confiance. Nous ferons tout pour égaler les bureaux précédents que nous félicitons pour la bonne santé de l'association. Cette « santé » reflète l'activité intense de la communauté : le succès de la conférence d'Avignon (350 participants !), des groupes de travail de plus en plus nombreux, une école d'automne 2003 qui a passionné les jeunes et les moins jeunes, des actions vers et avec le CNRS qui motivent beaucoup d'entre nous, un nombre étonnant d'équipes en compétition pour le challenge, des candidats de grande qualité au prix Robert Faure, le démarrage fort réussi de notre revue 4'OR ? Tout cela prouve la richesse et le dynamisme de notre discipline.

Le nombre de nos membres (176 à ce jour) reste pourtant assez faible : même si c'est la ROADEF elle-même qui doit convaincre de son utilité, entre autre à travers les activités du bureau, nous vous remercions de susciter un maximum d'adhésions autour de vous. Le poids que nous aurons, aussi bien vis à vis des instances universitaires (CNU) et de recherche (CNRS, INRIA) que des entreprises, en dépend. Et afin d'orienter nos actions futures, nous vous invitons à participer nombreux au grand débat que nous lançons ci-dessous.

Nous vous fixons d'ores et déjà rendez-vous à Tours, lieu de notre prochaine conférence ROADEF 2005, où pour la première fois des articles sélectionnés donneront lieu à une publication dans des actes référencés avec ISBN. Nous vous souhaitons une bonne lecture de ce bulletin bourré d'informations.

Avec nos cordiales salutations opérationnelles,
Le bureau de la ROADEF

Vous êtes tous appelés à participer à notre grand débat. Les textes seront publiés dans le bulletin ou mis en ligne sur le serveur de l'association. Pour participer, écrivez-nous, envoyez-nous des e-mail ou mieux, profitez du forum disponible depuis peu sur notre site web rénové : un réflexe, cliquez sur www.roadef.org

UN DEBAT : la ROADEF est-elle l'association de TOUS les chercheurs opérationnels, industriels, enseignants, chercheurs, des labos universitaires aux entreprises ?

Et pour lancer le débat, un petit peu de provocation à travers ce « dialogue » entre un *chercheur rêveur passionné* et un *industriel actif productif.*

Le *chercheur rêveur passionné* : « vous les industriels, vous n'aimez pas le risque, vous gardez frileusement vos sous et aidez de moins en moins la recherche »
L'*industriel actif productif* : « vous les chercheurs, vous vivez dans votre monde. Seules vos recherches vous intéressent, sans soucis des applications dont nous avons besoin »
Le *chercheur rêveur passionné* : « peut-être mais vous attendez des résultats immédiats des contrats signés avec nous : ce n'est pas notre rôle de réaliser (à coûts bas) des travaux pour les entreprises »
L'*industriel actif productif* : «Mais vous nous prenez pour des « vaches à lait » ! nous ne sommes bons qu'à vous financer ! »

Ils ne représentent, bien entendu, ni l'un ni l'autre, les membres éclairés de notre association. Et ils attendent vos arguments pour changer d'avis !

Appel à témoins

Vous êtes un chercheur, un enseignant en Recherche Opérationnelle, et vous avez vécu un partenariat fructueux avec un industriel ?
Vous appartenez au milieu industriel, et vos contacts avec un laboratoire public n'ont pas été entièrement vains ?

Nous aimerions publier vos témoignages dans le bulletin de la ROADEF, contactez Eric Sanlaville (vpresident1@roadef.org).

A noter : EURO s'est engagé dans une recherche d'histoires sur la pratique de la R.O. Voir la lettre d'Alexis Tsoukias, président d'EURO, sur le site *euro-online.org* : **Tell us your stories**.

Editorial

Les nouveaux défis des systèmes Thales d'aide à la décision

Juliette Mattioli[1]

juliette.mattioli@thalesgroup.com

1 Caractéristiques des fonctions d'aide à la décision dans les systèmes Thales

De nos jours, les Systèmes d'Information et d'Aide à la Décision (SIAD) jouent un rôle de plus en plus prépondérant dans les domaines tels que le transport, la finance, les télécommunications ou la défense. Il s'agit de systèmes interagissant avec leur environnement dans le but de déclencher une action guidée par les préférences d'un décideur (ou d'un opérateur). De plus, le contexte actuel tant civil que militaire, marqué par l'instabilité et l'incertitude des situations souligne la place centrale des problèmes de décision. L'évaluation de la menace, la gestion des risques, la planification de tâches, l'allocation de ressources deviennent des fonctions essentielles. De manière générale, un problème de décision consiste en un choix (ou un classement) parmi une liste d'alternatives possibles, compte tenu des connaissances que le décideur (ou le système) a sur l'état du monde, de ses préférences et/ou de l'objectif à atteindre. Un SIAD fournit alors une liste (ordonnée ou non, éventuellement constituée d'un singleton) de *bonnes* décisions, avec si possible leurs conséquences et leurs conditions d'applicabilité. Pour cela, leur conception doit s'appuyer sur une modélisation réaliste (et donc complexe) de l'environnement ou du contexte. Elle doit aussi intégrer la connaissance et les concepts liés au processus décisionnel afin d'aider le décideur en lui proposant des choix optimaux d'affectation de tâches et de ressources, ... et ceci dans les meilleurs délais. Cinq caractéristiques déterminent alors les SIAD Thales :

- un niveau d'indétermination (lié aux imprécisions et incertitudes) conjugué ou non avec le risque,
- une nature hybride (continu vs. discret, statique vs. dynamique),
- un niveau de complexité élevé (induisant des problèmes combinatoires sous contraintes),
- une certaine qualité des solutions au regard du/des objectif(s) ou préférence(s) du/des décideur(s)
- respectant des stratégies (ou doctrines) de décision.

2 Une recherche motivée par de nouveaux besoins

Les travaux menés à TRT (Thales Research and Technology) ces dix dernières années étudient et mettent en œuvre des technologies permettant de modéliser finement ces problèmes de décision [9] (couvrant l'évaluation de situations, la planification, la logistique, l'ordonnancement de tâches, la gestion optimisée de ressources), tout en prenant en compte les particularités des problèmes réels (hétérogénéité, multicritère, forte combinatoire, temps réel,...), ainsi que leurs contraintes opérationnelles (réponse en temps contraint, interactivité, incrémentalité, robustesse). Ces fonctions sont en effet présentes dans les applications Thales comme : la gestion multi-capteurs, l'aide au déploiement, les systèmes C3I, la planification de systèmes d'armes, la planification de missions, le séquencement des vols a l'arrivée dans le cadre de la gestion du traffic aérien, l'évaluation ou la cotation (de performance d'un système, d'une entreprise, d'une menace, d'un élève)...

2.1 La Décision Multicritère dans Thales

Les problèmes rencontrés soulignent la nécessité de prendre en compte des données qualitatives (non numériques) issues en général d'une expertise humaine induisant des critères de natures différentes et parfois même antagonistes. Un problème d'agrégation multicritère consiste à synthétiser des informations traduisant des aspects différents et parfois conflictuels d'un ensemble d'alternatives, l'objectif étant de modéliser une unique fonction caractérisant la relation de préférence

[1]Thales Research and Technology, Domaine de Corbeville, 91404 Orsay

sur un jeu d'alternatives. La principale difficulté réside dans le fait que ces critères sont souvent en conflits, contradictoires ou d'importance diverse, non abordable par des modèles basés sur une somme pondérée. Deux approches se distinguent : comparer puis agréger ou agréger puis comparer. La première s'apparente à la théorie de choix social. Thales a développé une méthodologie originale pour prendre en compte ce problème de décision multicritère, basée sur la seconde approche et fondée sur une coopération entre la théorie des jeux, les intégrales floues et la théorie de la décision multicritère. L'approche repose sur les trois phases suivantes :

Phase 1 : Les critères de décision n'étant pas toujours connus à l'avance, l'utilisation de cartes cognitives permet de faire émerger les plus pertinents. Elles matérialisent les liens de causalité qui peuvent coexister entre les différents points de vue. Une analyse de ces cartes permet de déduire les critères à prendre en compte. Elles permettent en outre de structurer la façon de raisonner de l'expert en aboutissant à leur hiérarchisation.

Phase 2 : Afin d'assurer la commensurabilité entre les critères, chacun doit avoir une signification absolue qui dépasse le cadre de ce critère. Chaque critère est construit sur une échelle traduisant le degré de préférence de l'expert sur ce critère. L'échelle [0,1], dans laquelle l'élément 0 n'est pas du tout satisfaisant et l'élément 1 est parfaitement satisfaisant, est en général considérée. La détermination pratique de chaque fonction d'utilité se fait grâce à une méthode issue de la théorie du mesurage.

Phase 3 : L'agrégation se fait au travers de l'utilisation des intégrales floues [4] et la théorie de la décision multicritère. Cela permet de combiner, de façon flexible et précise, plusieurs critères antagonistes, et de modéliser fidèlement les stratégies de décision d'un expert. Cet opérateur généralise la somme pondérée et les fonctions minimum et maximum. L'approche permet de

- modéliser l'importance relative des critères,
- modéliser les phénomènes d'interaction entre les critères (critères conflictuels, redondants, ayant des synergies entre eux,...),
- modéliser les stratégies typiques de décision (tolérance, veto,...),
- fournir une interprétation sémantique du modèle facilement compréhensible par un expert,
- avoir un système interactif avec l'expert, afin de régler et affiner le modèle.

Les travaux menés dans Thales sur ces thèmes ont commencé au milieu des années 1980. Dans un premier temps, les aspects théoriques des intégrales floues et leur application aux problèmes de classification ont débouché sur des algorithmes de détermination des paramètres des intégrales floues pour la classification. Ces algorithmes ont ensuite été adaptés à l'aide à la décision. Leur spécificité par rapport à la classification est que les données disponibles en aide à la décision proviennent d'êtres humains (opérateurs, experts,...). On ne peut donc pas s'attendre à disposer d'autant d'information qu'en classification. De plus, certains aspects humains, psychologiques doivent être pris en compte. Depuis 1990, Thales est très actif dans la communauté scientifique de l'aide à la décision [5] et a acquis une expertise de classe internationale en ce qui concerne la phase 3. De nombreux travaux théoriques concernant l'explication du modèle ou la caractérisation sous forme d'axiomatique ont aussi été réalisés. Plus récemment, les aspects méthodologiques visant à spécifier les phases 1 et 2 compatibles avec l'utilisation des intégrales floues sont traités. Thales a mis au point une méthodologie complète regroupant les trois phases, et permettant l'élicitation des connaissances expertes. La méthodologie ainsi développée a bénéficié des retours d'expériences menées aux cours d'applications comme l'évaluation de la menace, l'assignation de pistes aux systèmes d'armes, l'évaluation de tir ou d'élèves lors d'entrainement sur simulateur. Elle est supportée par l'outil MYRIAD (développé en interne) dont les principales caractéristiques sont : le traitement de données tant ordinal que cardinal, une analyse des données fournies par l'expert (analyse d'inconsistances...), des fonctions avancées permettant d'apprendre les paramètres du modèle, une évaluation de la qualité du modèle ainsi qu'une analyse sémantique du modèle.

2.2 La résolution de problème combinatoire en ligne

Depuis 1991, TRT travaille sur l'utilisation et l'implémentation de langages de programmation par contraintes (PPC) pour la résolution de problèmes combinatoires (ordonnancement de tâches, planification,allocation de ressources, etc.). Il a été démontré [3], au travers de l'ensemble des réalisations et du solveur Eclair [11] que la capacité de ces langages de contraintes à pouvoir absorber des connaissances supplémentaires et complémentaires est la clé du succès. La PPC répond donc aux besoins industriels de résolution de problème combinatoire hors ligne. Cependant, certains SIAD soumis à des contraintes opérationnelles (réponse en temps limité, prise en compte d'inter-

ruption) ne bénéficiaient pas de cette technologie. TRT s'est donc focalisé ces dernières années, sur les extensions nécessaires à la prise en compte de ces nouvelles exigences. Les travaux menés ont eu pour objet d'établir une technologie permettant de résoudre des problèmes combinatoires soumis à des contraintes temps réel. L'idée sous-jacente est de rendre des algorithmes incrémentaux de telle sorte qu'ils génèrent une quantité croissante d'informations au cours du temps.

Les travaux se sont concentrés sur le contrôle de la résolution pour prendre en compte des contraintes opérationnelles comme : la résolution incrémentale ou interactive, la tenue de contraintes temps réel [2], la garantie de l'obtention d'une solution, même partielle, après une interruption, etc. L'approche prise combine donc la souplesse de modélisation de la technologie contrainte, la puissance de résolution des algorithmes hybrides, et les principes de contrôle et d'adaptation aux contraintes opérationnelles temps réel des algorithmes anytimes. Elle permet de définir un algorithme de résolution à partir d'un algorithme hybride paramétré dont les paramètres peuvent s'adapter dynamiquement en fonction du contexte opérationnel dans lequel l'algorithme est exécuté. Cette technologie, bien que basée sur un paradigme de résolution hybride déterministe et non déterministe, permet un contrôle complet et dynamique des procédures de résolution afin de garantir les exigences opérationnelles. Cette approche a été validée dans le cadre de la planification de systèmes d'armes et de la reconfiguration de réseaux GSM.

En ce qui concerne la robustesse, cette approche permet un développement incrémental des modèles, et la définition de procédures de résolution paramétrées pouvant s'adapter automatiquement aux changements de contexte opérationnel. L'évaluation de la qualité d'une solution, le développement de mécanismes de suivi de la résolution et de gestion du temps, la paramétrisation des procédures de recherche et l'hybridation de méthodes complètes et incomplètes, sont les points fondamentaux abordés. Les recherches ont couvert les aspects sémantiques des algorithmes d'optimisation combinatoire incrémentaux ce qui a permis de proposer un environnement ToOLS[2] ensemble d'outils utilisé pour la description de mécanismes de recherche permettant de concevoir des algorithmes d'optimisation combinatoire pour des problèmes de planification off-line et on-line. Son haut niveau d'abstraction facilite la description des algorithmes de recherche dédiés tout en offrant des moyens de gestion du temps. ToOLS implémente l'architecture EOLE [1][3], dans laquelle un algorithme de recherche est la conjonction de quatre composants distincts : un ensemble d'heuristiques pour ordonner les choix et un autre constitué de fonctions utilisées pour évaluer le nombre de contraintes, dans le but de construire dynamiquement un arbre de recherche ; un schéma de recherche représentant un arbre ; une stratégie d'exploration appliquée à un schéma de recherche pour en contrôler sa complexité ; une stratégie temporelle permettant la gestion du temps pour les algorithmes de recherche hybrides. ToOLS introduit la notion de patron algorithmique : une classe paramétrée génératrice de schémas de résolution ou de stratégies d'exploration, facilitant la réutilisation et le prototypage d'algorithmes.

Enfin, certaines applications relèvent non seulement de l'optimisation combinatoire, mais aussi du multicritère. C'est-à-dire pour lesquelles on cherche une solution offrant un bon compromis entre plusieurs critères. Eclair a tiré partie de son expertise en décision multicritère de Thales et dispose d'une contrainte globale Choquet [7] qui permet d'intégrer un puissant modèle de représentation des préférences. De plus, l'algorithme MCS [8] (MultiCriteria Search), construit au dessus de ToOLS, permet une résolution plus efficace de certains problèmes combinatoires multicritères.

3 Conclusions

Les problèmes d'aide à la décision sous-jacents aux systèmes Thales, sont souvent de nature combinatoire mais évoluent dans un environnement dynamique. La modélisation de tels systèmes met donc en jeu des variables et des contraintes de natures diverses : des variables à domaine discret avec des valeurs numériques ou non, des variables à valeurs réelles, des contraintes linéaires, numériques et dynamiques (par exemple régies par des équations différentielles). De plus, en fonction de la quantité et de la qualité des informations disponibles, ces systèmes doivent raisonner sur des données imprécises ou incomplètes. Leur étude est aujourd'hui un domaine de recherche très actif dans les milieux académiques et industriels. A l'origine d'une problématique à cheval entre l'automatique et l'informatique, la recherche dans ce domaine a été menée, jusqu'à présent, principalement au sein de ces deux disciplines. En effet, ces systèmes sont souvent modélisés par des automates

[2]ToOLS *: Template of On Line Search*

[3]EOLE était un projet RNTL soutenu par le ministère de la recherche

munis de variables typées par des entiers, des réels, des chaînes de caractères, des arbres, etc. Il est alors nécessaire de mettre en œuvre une démarche générique de modélisation qui pourra être enrichie par des bibliothèques de modèles spécifiques. Ce type d'approche accroît la réutilisation en permettant le développement d'applications multiples à partir d'un effort de modélisation dédié à un domaine unique.

Par ailleurs, ces systèmes hybrides dynamiques ne bénéficient actuellement pas de la technologie contrainte car elle est très peu adaptée à la résolution de ce type de problème. Cependant, les derniers travaux réalisés à TRT [10] ont montrés que la PPC est un cadre particulièrement adéquat pour aborder la modélisation de tels systèmes. En effet, le formalisme est suffisamment unificateur pour permettre la composition de nouveaux modèles issus de divers concepts émergents (arithmétiques d'intervalles, théorie de la viabilité, les algèbres exotiques comme (max,+) ...). Un problème hybride dynamique/statique est alors modélisé au travers d'un système d'équations (voire d'inclusions) différentielles et d'un système de contraintes ou directement comme un problème dynamique sous contraintes. En couplant une version incrémentale de l'algorithme de viabilité (discret ou approximation du continu) avec des mécanismes d'arc cohérence du solveur, il est donc possible de concevoir une contrainte globale qui permet de propager ainsi les informations inhérentes à la dynamique du système afin de réduire l'espace de recherche. Une première implémentation a été réalisée dans l'environnement Eclair. Enfin, plusieurs sortes d'évolutions sont adressées :

- une évolution déterministe modélisée par une équation différentielle ;
- une évolution dans le risque : L'équation différentielle régissant l'évolution de la situation dépend d'un ou de plusieurs paramètres qualifiant la probabilité ou la possibilité de réalisation d'un événement ;
- une évolution dans l'incertain : L'équation différentielle régissant l'évolution de la situation dépend d'un ou de plusieurs paramètres de perturbation inconnus et est souvent modélisée par le biais d'une inclusion différentielle.

Références

[1] Towards an on-line optimisation framework, EOLE consortium, Workshop OLCP01, Dec. 2001

[2] Optimisation combinatoire en temps limité : Depth first branch and bound adaptatif, S. de Givry, P. Savéant, J. Jourdan, JFPLC '99, 1999

[3] How does constraint technology meet industrial constraints ?, P. Gérard, S. de Givry, J. Jourdan, J. Mattioli, N. Museux, P. Savéant. ESA Workshop On-Board Autonomy, Oct. 2001

[4] Application of the Choquet integral in multicriteria decision making ; M. Grabisch, M. Roubens, In Fuzzy Measures and Integrals - Theory and Applications Physica Verlag, p 348-374

[5] Fuzzy integral in multicriteria decision making Fuzzy. M. Grabisch, Sets & Systems Journal,1995

[6] How to improve acts : An alternative representation of the importance of criteria in MCDM, Ch. Labreuche and M. Grabisch, International Journal of Uncertainty and Knowledge Based System. Vol. 9, N°2, p. 145-157, 2001

[7] Integration of a Multicriteria Decision Model in Constraint Programming F. Le Huédé, P. Gérard, M. Grabisch, C. Labreuche, P. Savéant. In Proceedings of the AIPS'02 Workshop on Planning and Scheduling with Multiple Criteria, Toulouse, France, April 23-27, 2002

[8] Multicriteria Search in Constraint Programming F. Le Huédé, M. Grabisch, C. Labreuche, P. Savéant. In Proceedings of CP-AI-OR'03, Montréal, Canada, May 08-10, 2003

[9] PLATON : un support technologique pour le développement de système d'aide à la décision. J. Mattioli ROADEF 2002, Fev. 2002

[10] Noyau de viabilité : une contrainte globale pour la modélisation de systèmes dynamiques J. Mattioli, K. Artiouchine, In Proceedings of JFPLC 03, 2003

[11] Claire/Eclair : Un environnement de modélisation et de résolution pour des applications d'optimisation combinatoires embarquées. N. Museux, L. Jeannin, P. Savéant, F. Le Huédé, FX. Josset, J. Mattioli, In Proceedings of JFPLC 03, 2003

Article invité

Optimisation des réseaux de télécommunication

Eric Gourdin, Bernard Liau, Adam Ouorou[1] et Dritan Nace[2]
{eric.gourdin,bernard.liau,adam.ouorou}@francetelecom.com ; nace@utc.fr

1 Introduction

Les réseaux de manière générale et plus particulièrement les réseaux de télécommunication constituent un terrain d'application très fertile aux méthodes d'optimisation. En effet, les réseaux de télécommunication ont une représentation naturelle sous forme de graphe. C'est pourquoi, la théorie des graphes a été l'une des premières sources d'inspiration pour le traitement de problématiques liées à la topologie des réseaux (arbre couvrant, graphes planaires, biconnexes, etc...) ou aux routages dans les réseaux (algorithmes de plus court-chemin, parcours eulériens, cycles, etc...). Les problèmes de flots se sont imposés comme l'un des éléments essentiels des problèmes d'optimisation de réseaux de télécommunication. Le développement spectaculaire de la programmation linéaire et les nombreuses possibilités qu'elle offre ont conduit une communauté de chercheurs à s'intéresser à l'application des modèles linéaires aux problèmes d'optimisation de réseaux. En particulier, chaque communication ou connexion entre deux points du réseau pouvant se modéliser sous la forme d'un flot distinct des autres, le problème de multiflot (Multicommodity Flow) [Ken78, Liss00a] s'est rapidement imposé comme l'élément central de très nombreux problèmes d'optimisation de réseaux [Min89]. On distingue généralement plusieurs grandes catégories de problèmes d'optimisation de réseaux : en premier lieu, on peut citer, par exemple, la catégorie des problèmes dits de synthèse de réseau (Network Design) [Bal89, Bar96] où l'on cherche avant tout à définir la topologie du réseau (choix des nœuds, des points d'accès ou d'interconnexion, des points de concentration ou des sites d'une fonction à valeur ajoutée [Gour01a], choix des liens entre les noeuds). Dans cette catégorie de problèmes, l'objectif consiste essentiellement à déterminer une topologie à moindre coût et présentant des caractéristiques structurelles minimales (un certain degré de connexité, des regroupements entre éléments similaires, etc...) [Mahj94]. Typiquement, les problèmes de cette catégorie sont des problèmes où l'on ne cherche pas à modéliser un écoulement de trafic et sont donc par conséquent sans capacité (Uncapacitated). Au contraire, dans les problèmes dits de dimensionnement de réseaux (Network Loading), on suppose que la topologie est donnée et qu'il faut dimensionner, c'est-à-dire installer des capacités de manière à permettre l'écoulement d'un trafic. On utilise le terme problème de conception de réseau pour les problèmes d'optimisation qui combinent la synthèse et le dimensionnement. Les problèmes de conception de réseaux doivent souvent intégrer des contraintes techniques liées aux équipements ou aux règles d'ingénierie, comme des règles administratives de hiérarchisation des nœuds, des politiques de protection, des contraintes de délai ou de longueur de chemin. Celles-ci influent sur la nature du graphe du réseau (biconnexité, diamètre) [Bena00] ou sur le mode d'écoulement de la demande (contraintes de routage). Dans une troisième catégorie de problèmes que l'on peut qualifier de problèmes d'allocation de ressources, on suppose que le réseau est construit et dimensionné, et qu'il faut allouer les ressources (capacités) aux différents services et aux demandes de chaque service, de manière à obtenir les meilleures perfomances possibles. Ces trois catégories de problèmes correspondent plus ou moins aux trois échelles de temps où se prennent les décisions relatives à la vie d'un réseau de télécommunication :

- A long terme (2 à 10 ans), les décisions de planification reposent sur des problèmes de synthèse de réseaux.
- A moyen terme (6 mois à 2 ans), les décisions de déploiement d'un réseau nécéssitent le traitement de problèmes de dimensionnement.
- A court terme (1 à 6 mois), la gestion opérationnelle des réseaux utilise des modèles d'allocation de ressource.

Ces problématiques sont, bien sûr, complémentaires et interagissent souvent, mais leur complexité fait que, dans la pratique, on les traite généralement séparément. De même, il y a des thèmes qui se retrouvent de manière réccurente dans de très

[1]France Télécom, Division RetD, DAC/OAT 38-40 Rue du General-Leclerc, 92794 Issy les Moulineaux cedex 9.
[2]UMR CNRS 6599 HEUDIASYC Université de Technologie de Compiègne. http ://www.hds.utc.fr/ dnace

nombreuses problématiques. Le thème qui a probablement donné lieu au plus grand nombre de travaux concerne la sécurisation des réseaux (au sens de recouvrement des pannes). Le thème de la sécurisation permet d'illustrer la variété des problématiques et des approches de résolution mises en oeuvre dans les problèmes d'optimisation de réseaux.

2 Les problèmes liés à la sécurisation des réseaux (Survivability)

Par sécurisation, on entend ici la prise en compte explicite de la possibilité qu'un équipement du réseau tombe en panne, et des actions qu'il est nécéssaire d'entreprendre (sur-dimensionnement, re-routage, etc...) pour que le réseau reste fonctionnel. Du fait de leur très grande importance pratique, les études de sécurisation ont donné lieu à de nombreux travaux [Bien00, Gro95, Lutt98, Maur04, Pham04]. Quand les capacités des équipements deviennent énormes par rapport à la demande ou que les économies d'échelles en faveur des gros systèmes sont très fortes, les contraintes de sécurisation deviennent structurantes pour la topologie du réseau et on peut difficilement décomposer les opérations de choix de topologie et de dimensionnement [Pham04]. Le problème se pose de concevoir le réseau (topologie, dimensionnement et routage) pour qu'il soit capable de "cicatriser" tous les cas de panne simple (un arc ou un nœud tombent en panne).

Plusieurs scénarios sont envisageables suivant les mécanismes de protection disponibles. Le mode de sécurisation peut différer suivant le type de réseau (transport ou données), l'automatisation ou non des mécanismes de (re) routage et de sécurisation. Le schéma de la Figure 1 représente les principaux modes de sécurisation des réseaux de télécommunication. Le routage local concerne plutôt les réseaux de transport à haut débit : on cherche un chemin alternatif à partir des "extrémités" de la panne, afin de sécuriser vite et de façon globale le volume important de trafic touché par la panne. Les routages de bout en bout concernent au contraire les réseaux de services ou de transport de données : les mécanismes de (re)routage, souvent proches des mécanismes de routage qui ont été utilisés pour écouler le trafic en régime nominal, traitent les flots concernés par la panne à partir des points dont ils sont issus. Deux cas sont alors envisageables, 1/ une protection unique pour l'ensemble des pannes, ce qui impose de définir un chemin de sécurisation disjoint du chemin nominal (c'est le cas le plus fréquent, pour les réseaux dont la sécurisation est gérée par l'opérateur), 2/ une protection qui varie selon la panne : le chemin de sécurisation, calculé de façon automatique, est alors adapté au cas de la panne (c'est, en particulier, le cas des réseaux Internet). Enfin, on peut envisager de réserver les capacités de protection (protection 1 + 1) - ce qui permet de réagir rapidement en cas de crise, sans avoir à vérifier si les ressources sont réellement disponibles sur le chemin de secours - ou au contraire de les mutualiser pour tous les cas de pannes envisageables (protection partagée) - ce qui, en principe, coûte moins cher.

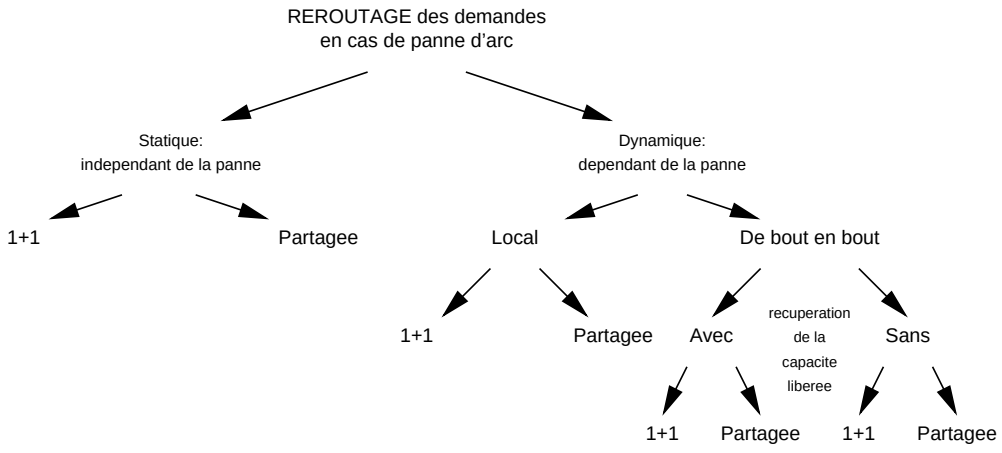

FIG. 1 – Les différents modes de sécurisation

Les problèmes de synthèse de réseaux sont considérés parmi les plus difficiles en optimisation de réseau. Ils combinent la difficulté des problèmes combinatoires - il faut choisir si un arc existe ou pas - et des problèmes linéaires de grande taille apparentés (problèmes de multiflot). L'introduction de contraintes de sécurisation augmente encore la difficulté. Tous ces problèmes n'ont pas la même complexité : même avec des variables réelles (dimensionnement et routage), les problèmes de sécurisation avec récupération de capacité sont NP-difficiles [Maur04].

Dans les centres d'études des opérateurs de réseaux, comme la division RetD de France Télécom, ces problèmes sont souvent étudiés avec deux approches, complémentaires : l'utilisation de méta-heuristiques et l'utilisation de modèles linéaires mixtes résolus de manière exacte à l'aide de solveurs du marché. Dans certains contextes pratiques, il peut en effet être préférable d'utiliser une méta-heuristique qui a l'avantage de s'adapter rapidement et (relativement) facilement aux nombreuses évolutions que peut connaitre le modèle (ajout de contraintes annexes au problème de multiflot de base telles que, par exemple, des contraintes sur la nature du graphe - diamètre, bi-connexité, etc.) [Lutt01]. Les solutions qu'elles proposent sont souvent acceptables d'un point de vue opérationnel, dans la mesure où l'intensification de la recherche autour d'un optimum local permet d'éliminer toute aberration. Leur défaut est de ne pas donner d'information sur la qualité de la solution trouvée, en terme d'optimalité (un moindre mal ?). On peut enfin rappeler que la conception et la mise en oeuvre d'une heuristique efficace n'est pas du tout une tâche aisée.

La formulation linéaire des problèmes de synthèse de réseaux conduit à des instances de grande taille. La taille de ces problèmes s'expliquent aisément par la nécéssité de gérer simultannément de nombreux états de pannes ainsi que leur interaction avec le routage nominal. En variables réelles (par exemple, pour des partage de bande passante qui intègrent des contraintes de sécurisation), ils sont résolus par des méthodes de décomposition (du type "décomposition de Benders" voir [Bend62] et des applications dans [Lutt98, Lutt00]). La procédure est itérative. Le dimensionnement est réalisé par un problème "maître" ; pour un dimensionnement donné (une itération de l'algorithme), une série de problèmes "satellites" vérifient l'admissibilité de la demande, pour les différents régimes ou périodes de fonctionnement du réseau. Ils génèrent éventuellement de nouvelles contraintes "d'admissibilité" qui se rajoutent au problème "maître" au cours de l'itération suivante. Ces méthodes de décomposition souffrent quelquefois de problèmes de convergence pour certaines instances (notamment sur les gros problèmes de sécurisation). On peut ainsi imaginer des niveaux de décomposition en cascade permettant de traiter les interactions entre les capacités utilisées pour le routage nominal et celles résiduelles utilisées pour le re-routage en cas de pannes[Pham04].

Les problèmes de dimensionnement modulaires (en nombres entiers, PNE) sont de plus en plus souvent abordés par des techniques d'optimisation combinatoire (du type Branch&Cut) auxquelles on associe des "générations de coupes" propres à chaque problème, pour intégrer des contraintes particulières (de topologie ou de routage) [Bar96, Bien00, Pham04].

3 Problèmes d'allocation de ressources

Les problèmes d'allocation de ressources consistent à distribuer au mieux les ressources disponibles du réseau, c'est-à-dire, essentiellement les capacités installées, aux différentes demandes devant écouler un trafic, et ce, de manière à optimiser les performances attendues. Ces problèmes peuvent également intervenir dans des études plus globales de synthèse de réseaux (la façon dont le trafic s'écoule influe directement sur le dimensionnement du réseau ou même sur sa topologie). Mais dans ces études plus globales, on accepte généralement de modéliser l'écoulement du trafic de manière approchée (par exemple, par un multiflot). En revanche, dans des études plus court-terme où la plupart des paramètres du réseau sont fixés, on cherchera une modélisation plus fine du routage allant au delà du simple problème d'admissibilité (ou compatibilité) d'un multiflot avec un réseau afin de permettre une optimisation de la qualité de service (QoS). Il y a différentes façons de définir la qualité de service associée à l'écoulement du trafic dans le réseau (garantie d'admission d'une demande de connexion, garantie de débit, garantie de délai, etc). et donc différents critères pouvant être optimisés (délai, blocage d'appels, perte de paquets, bande passante utilisée,...). Certains de ces critères peuvent introduire des non-linéarités. L'exemple le plus souvent cité consiste en une modélisation des délais de propagation sous forme de fonctions convexes [Klein64]. Les problèmes d'optimisation de multiflots convexes ont déjà été considérablement

étudiés [Ouor00]. L'une des méthodes les plus utilisées en raison de sa simplicité est la méthode de déviation de flots. Il s'agit d'une adaptation de la méthode de Franck-Wolfe utilisant la structure des problèmes de multiflots. Cette méthode tend à éparpiller les flots et peut être améliorée par des techniques de projection [Bert87]. Depuis ces, problèmes ont été abordés avec les techniques de l'optimisation convexe. Parmi les méthodes les plus efficaces, on peut citer les méthodes proximales [Mahe00, Ouor00], la méthode du centre analytique (ACCPM) [Goff02] et la méthode des faisceaux [Lema95]. Les deux dernières méthodes introduisent des approximations linéaires du critère, enrichies à chaque itération. De plus, une stabilisation garantit à la suite d'itérés d'améliorer le critère à optimiser. Cette stabilisation se fait en utilisant différentes techniques : ajout de pénalités quadratiques au critère, centres analytiques des polyèdres d'approximations.

Il existe également différentes approches tentant de linéariser le critère convexe [Fort00], ou de définir un critère alternatif linéaire, et ce, de manière à pouvoir avoir recours aux techniques de programmation linéaire. Dans les méthodes "classiques", on cherche à optimiser la moyenne d'un critère (délais moyen, taux de perte moyen, charge moyenne, etc..) pour l'ensemble du réseau. L'inconvénient de ces approches est que l'on risque d'obtenir de fortes disparités entre les différentes composantes du vecteur solution obtenu. Dans des approches plus récentes (approches "minmax"), seule la pire réalisation du critère est optimisée. Ainsi, on cherchera à minimiser la charge ou le délai de l'arc le plus chargé. Dans un deuxième temps, il est également possible de prolonger cette démarche en minimisant à son tour, par exemple, la charge du deuxième arc le plus chargé. En continuant de la sorte, on réalise ce que l'on appelle une optimisation "lexicographique". Quelques approches ont déjà été tentées dans cette direction dans le cadre de problème de multiflots. Ce genre d'approche est généralisable à de très nombreux problèmes, donc en particulier, tous les problèmes où le critère à optimiser porte sur un élément du réseau (arc, demande,...).

4 De nouvelles problématiques

Si l'intérêt des opérateurs de télécommunication pour les méthodes d'optimisation de réseaux ne date pas d'aujourd'hui, il s'est renouvelé avec les évolutions considérables qu'a subit le monde des télécommunications. La croissance et le développement des activités autour des réseaux et les enjeux économiques liés au modèle concurrentiel rendent les études d'optimisation indispensables. La complexité croissante des réseaux, qui deviennent des support multi-média supposés écouler des trafics de natures très variées (des données, de la voix, de la vidéo, etc.), et ce, avec des contraintes de qualité ou des performances différentes (perte de paquets, délais, gigue, etc.) a motivé l'élaboration de modèles de plus en plus complexes afin d'optimiser l'écoulement du trafic et la structure du réseau.

En parallèle, les progrès constants réalisés par les solveurs linéaires ou non linéaires permettent de traiter des instances de problème de plus en plus grandes et de plus en plus complexes, jusqu'á, dans les cas les plus favorables, approcher de très près la réalité du "terrain". Un récent ouvrage sur la planification des réseaux [Pior04] oriente ses propositions de modélisation et de résolution sur l'utilisation directe et quasi-systématique de tels solveurs (ce qui est toujours envisageable pour résoudre de petites instances, pas toujours représentatives des problèmes d'intérêt pratique). Ainsi, le développements de solveurs de programmation linéaire en nombres entiers a certainement beaucoup contribué dans l'obtention de résultats significatifs concernant l'optimisation de réseaux avec mono-routage des demandes (un seul chemin par demande) [Fort00, Bena01a], avec routage selon des plus-court-chemins [Bena01b, Bena01c, Gour01b] ou l'optimisation des réseaux sécurisés [Maur04, Pham04], etc. Ces approches semblent aujourd'hui encore s'imposer pour l'étude de nouvelles problématiques comme la conception et l'optimisation globale d'un réseau de service transporté par un réseau de transmission à haut débit (IP/Optique), l'utilisation des représentations polyédrales du trafic à écouler dans le contexte d'une demande incertaine [Bena03] ou le partage "équitable" de la bande passante entre connexions TCP/IP [Nace03] (motivée par l'utilisation du protocole TCP dans les réseaux Internet, supposée réaliser implicitement un certain équilibre dans l'attribution des ressources).

Même si les méthodes et les outils actuels basés essentiellement sur la programmation linéaire en nombres entiers sont encore les plus utilisés pour l'optimisation des réseaux de télécommunication, ils ne répondent pas à toutes les attentes. Il convient donc d'explorer d'autres voies (programmation stochastique, programmation semi-definie, méthodes primales en optimisation combinatoire, algorithmes approchés avec garanties de performances, etc...) pour espérer mieux répondre aux attentes des opérateurs et administrateurs des réseaux de télécommunication de demain.

5 (quelques) références

[**Bal89**] A. Balakrishnan, et T.L. Magnanti, A dual-ascent procedure for large-scale uncapacitated network design, Operations Research, Vol. 37, 716-740, 1989.

[**Bar96**] F. Barahona, Network design using cut inequalities, SIAM J. Optimization, Vol. 6, No.3, 823-837, 1996.

[**Bien00**] D. Bienstock, et G. Muratore, Strong inequalities for capacitated survivable network design problems, Math Prog, Ser. A 89, 127-147, 2000.

[**Bena00**] W. Ben Ameur. Constrained length connectivity and survivable networks. Networks, 36, n° 1, 2000.

[**Bena01a**] W. Ben Ameur et B. Liau. Calcul des métriques de routage pour Internet. Annales des Télécommunications, 56 n°3-4, pp 150-168, 2001.

[**Bena01b**] W. Ben Ameur, N. Michel, E. Gourdin et B. Liau. Routing strategies for IP networks. Telektronikk, 2/3, pp 145-158, 2001.

[**Bena01c**] W. Ben Ameur et E. Gourdin. Internet routing and related topology issues. SIAM Journal on Discrete Mathematics, Vol. 17, No. 1, pp 18-49, 2003.

[**Bena03**] W. Ben-Ameur et H. Kerivin, New economical virtual private networks, Communications of the Association for Computing Machinery 46, (2003), pp. 69-73.

[**Bend62**] Benders, J.F., Partitioning procedures for solving mixed variables programming problems, Numerische Mathematik 4, (1962), pp 238-252.

[**Fort00**] B. Fortz et M. Thorup, Internet traffic engineering by optimizing OSPF weights, IEEE Infocom, Mars 2000.

[**Geff01**] J. Geffard. A solving method for singly routed traffic in telecommunication networks. Annales des Télécommunications, 56 n°3-4, pp 140-149, 2001.

[**Goff02**] J.L. Goffin et J.-Ph. Vial, Convex nondifferentiable optimization : a survey focused on the analytic center cutting plane method, Optimization Methods and Software, Vol. 17, No. 5, pp. 805-867, 2002.

[**Gour01a**] E. Gourdin, M. Labbé et H. Yaman. Telecommunication and location. In Facility Location Application and Theory. Edité par Zvi Drezner et Horst Hamacher, Springer-Verlag, Berlin. 2002.

[**Gour01b**] E. Gourdin. Optimizing Internet Networks. OR/MS Today, pp 46-49, 04/2001.

[**Gro95**] M., Groetschel, C.L. Monma et M. Stoer, Polyhedral and computational investigations for designing communication networks with high survivability requirements, Operations Research, Vol. 43, No. 6, 1995.

[**Klein64**] Kleinrock, L. (1964), Communications Nets : Stochastic Message Flow and Delay, McGraw-Hill, New York.

[**Ken78**] Kennington, J.L. (1978), A survey of linear cost multicommodity network flows, Operations Research, Vol. 26, No. 2, 209-236.

[**Ker04**] H. Kerivin, A.R. Mahjoub et C. Nocq, (1 ; 2)-survivable networks : facets and branch-and-cut, The Sharpest Cut, MPS-SIAM Series in Optimization, (2004), pp. 139-173.

[**Lema95**] C. Lemaréchal, A. Nemirovskii, Y. Nesterov, New Variants of Bundle methods, Mathematical Programming, Vol. 69, pp. 111-147, 1995.

[**Liss00a**] A. Lisser et P. Chardaire. Minimum cost multicommodity flow. Handbook on applied optimisation, Resende & Parados éditeurs, 2000.

[**Lutt98**] J.-L. Lutton et J. Geffard. Dimensionnement de réseaux sécurisés. Actes séminaire Francoro II, Sousse, Tunisie, 4/1998.

[**Lutt00**] J.-L. Lutton, D. Nace et J. Carlier. Assigning spare capacities in mesh survivable networks. Telecommunication Systems, 13, no 2/4, 2000.

[**Lutt01**] J.-L. Lutton et A. Caminada. Heuristiques et méthaheuristiques pour l'optimisation des réseaux de télécommunication. Traité encyclopédique Hermès. À paraître.

[**Mahe00**] Ph. Mahey, Decomposition methods for mathematical programming, Handbook on applied optimisation, Resende & Parados éditeurs, 2000.

[**Mahj94**] A.R. Mahjoub, Two edge connected spanning subgraphs and polyhedra, Mathematical Programming, Vol. 64, pp. 199-208, 1994.

[**Maur04**] J.-F. Maurras et S. Vanier. Network synthesis under survivability constraints. 4OR, Volume 2. N1, 2004.

[**Min89**] Minoux, M. (1989), Network synthesis and optimum network design problems : Models, solution methods and applications, Networks 19, 313-360.

[**Nace03**] D. Nace, N-L. Doan, Some Results on Max-min Fair Routing, INOC 2003, Evry, 27-29 October 2003.

[**Ouor00**] A. Ouorou, P. Mahey, J. Ph. Vial, A survey of algorithms for convex multicommodity flow problems, Management Science, Vol 46, No 1, 126-147, 2000.

[**Pham04**] L. Pham. Optimisation et conception des réseaux sécurisés : une approche basée sur la décomposition de Benders. Ph.D. thesis, Université de Technologie de Compiègne, Janv. 2004.

[**Pior04**] M. Pioro et D. Medhi, Routing, Flow, and capacity design in communication and computer networks, Elsevier, 2004.

Article invité

Ordonnancer Juste-à-Temps

Francis Sourd [1]
Francis.Sourd@lip6.fr

Introduction

Le "Juste-à-temps" (JAT) s'est développé depuis une soixantaine d'années comme une politique de production qui permet de limiter les stocks et de fabriquer des produits qui correspondent exactement à la demande [3]. Comme le nom l'indique, l'idée de base est d'éviter toute production anticipée de produits intermédiaires ou finaux, ce qui signifie que le producteur se contente de produire la quantité strictement nécessaire, au moment voulu, pour satisfaire la demande de chaque client. Ainsi, c'est la date à laquelle le client demande à être livré qui fixe la date de livraison du produit mais, le JAT va même plus loin : toutes les dates de toutes les opérations de la fabrication du produit livré sont également fixées de manière à ce qu'il n'y ait pas de temps mort dans la chaîne de fabrication. De cette manière, le produit est emballé juste-à-temps pour être livré, il est assemblé juste-à-temps pour être emballé et, ainsi de suite jusqu'à déterminer la date de production des matières premières.

Ainsi, en reprenant l'expression de G. Casanova, le JAT consiste, en quelque sorte, à ne pas tuer l'ours avant d'en avoir vendu la peau : la peau d'un ours tué doit en effet être stockée, ce qui nécessite la présence d'un gardien, elle risque de se dégrader et, de plus, elle risque de ne pas convenir exactement au client finalement trouvé qui pourrait préférer une peau d'une autre dimension ou d'une autre couleur.

Le but de cet article n'est clairement pas de discuter de la qualité ou de l'applicabilité du JAT dans l'industrie. De nombreuses recherches ont en effet été effectuées dans le domaine de la productique pour évaluer d'un point de vue aussi bien pratique que théorique les performances de tels systèmes de production. On signalera uniquement que les origines du "Juste-à-temps" remontent peu après la seconde guerre mondiale au Japon, et plus précisément dans l'entreprise TOYOTA [13, 3]. Ce développement du JAT est intimement lié à l'introduction du système du Kanban qui permet, au moyen d'étiquettes[2] signalant les demandes de chaque poste de la chaîne de production, de mettre en œuvre simplement une politique de production JAT. Le lecteur trouvera dans la référence [3] une présentation simple du JAT et du Kanban. Les articles de Huang et Kusiak [10] et Akturk et Erhun [1] offrent une synthèse sur la recherche récente dans ce domaine.

Ordonnancement et JAT : rencontre paradoxale ?

Dans la description faite ci-dessus de ce qu'est le "Juste-à-Temps", il est remarquable qu'aucune décision concernant le dimensionnement de la production ou l'ordonnancement des tâches n'est à prendre. En effet, à la fois la quantité à produire et la date de production sont dictées par la quantité demandée par le client et la date à laquelle cette demande doit être livrée. Ainsi, il est à première vue paradoxal de parler d'ordonnancement lorsqu'on parle de JAT puisque le but du JAT est précisément d'éviter les problèmes d'ordonnancement.

Le but de cet article n'est pas de conclure que les problèmes d'ordonnancement peuvent être aisément évités ni qu'ordonnancement et JAT sont deux philosophies opposées et inconciliables. Au contraire, nous allons voir comment les modèles traditionnels de l'ordonnancement théorique se sont enrichis de concepts venus du JAT.

Pour commencer, nous allons faire deux critiques au modèle JAT. La première pourrait être illustrée par un client qui veut acheter une nouvelle voiture pour partir en vacances quelques jours plus tard. Il semble évident que ces quelques jours de latence ne suffiront pas pour extraire du minerai le métal nécessaire à la fabrication du véhicule, à le transporter à la fonderie, à fondre les pièces de la carrosserie, à les laisser refroidir, à les transporter sur le lieu d'assemblage, à assembler la voiture, à la tester puis à la livrer chez le concessionnaire. La longueur du *chemin critique*[3] nécessaire à la fabrication du produit, même si elle est en général réduite

[1] CNRS - LIP6 4, place Jussieu 75252 Paris Cedex 05, France
[2] Kanban signifie étiquette en japonais.
[3] Le chemin critique est une suite d'opérations qui doivent être nécessairement exécutées les unes après les autres. Sa

par l'adoption du JAT, est souvent plus longue que le délai autorisé par le client. Par conséquent, dès lors qu'on veut être en mesure de satisfaire toute demande, les stocks de produits intermédiaires (voire finis) sont nécessaires.

La seconde critique est de remarquer qu'en théorie le JAT demande une infinité de ressources de production. En effet, dès lors qu'il existe une limite de capacité sur une ressource, il y a le risque qu'un poste de travail doive effectuer plusieurs tâches simultanément, ce qui a pour conséquence le retard d'une des deux tâches et, au final, de la livraison de cette tâche au client.

Ces deux critiques ne veulent pas dire que le JAT est un modèle simpliste, utopique et inapplicable. D'une part, des "remèdes", comme la flexibilité, ont été adoptés pour permettre la mise en œuvre pratique du JAT. D'autre part — et le parallèle est amusant — force est de constater que le problème central de l'ordonnancement, à savoir le PERT, repose aussi sur cette hypothèse de ressource infinie. On se gardera donc bien de conclure sur la prédominance du PERT ou du JAT mais on soulignera les deux points de vue des deux méthodes : alors que le PERT vise à ordonnancer au plus tôt, le JAT tend à retarder le plus possible la production.

Au vu de ces deux philosophies opposées, il n'est pas étonnant de constater que l'ordonnancement JAT soit intimement lié à l'ordonnancement multicritères [19, 8]. Il s'agit en effet de trouver un compromis entre éviter d'une part les retards et d'autre part le stockage trop important. Ainsi, aux critères traditionnels de l'ordonnancement qui visent tous à ordonnancer au plus tôt (critères dits réguliers), l'étude de modèles basés sur le JAT a conduit à introduire un critère d'avance qui pénalise une tâche exécutée trop tôt. Pour formaliser cela, on considèrera que chaque tâche i a une date de fin souhaitée d_i et une date de fin réelle C_i (c'est une variable de décision du problème d'ordonnancement). On a ainsi le critère classique $T_i = \max(0, C_i - d_i)$ représentant le retard de la tâche et, au contraire, $E_i = \max(0, d_i - C_i)$ représente son avance éventuelle. Il en découle deux approches pour la résolution. La première consiste à contraindre chaque variable E_i à ne pas être trop grand. C'est équivalent à imposer une date de disponibilité pour chaque tâche, ce qui permet de retomber sur un problème d'ordonnancement classique.

La seconde méthode consiste à considérer une combinaison linéaire des coûts d'avance et de retard $\sum_i \alpha_i E_i + \beta_i T_i$. A titre d'illustration, on formulera la variante du problème PERT où, au lieu de minimiser la date de fin, on minimise la somme des pénalités d'avance et de retard. Chaque précédence entre une tâche i et une tâche j s'exprime classiquement par l'inégalité $C_j - p_j \geq C_i$ où p_j est la durée de j. De plus, en remarquant que l'avance et le retard sont liés à la variable C_i par l'égalité $T_i - E_i = C_i - d_i$, on écrit très facilement le problème comme un programme linéaire. Divers travaux ont permis d'obtenir des algorithmes meilleurs que celui du simplexe pour résoudre le problème [21, 20, 5, 4].

Les modèles à une machine

Une des critiques faites plus haut au modèle JAT est de constater que, lorsqu'il y a un poste critique qui reçoit au même instant plusieurs tâches à exécuter, des retards inévitables apparaissent. La notion de poste critique (*bottleneck machine*) est bien connue en ordonnancement où les problèmes à une machine ont été beaucoup étudiés.

Minimiser la somme des coûts d'avance et de retard sous la contrainte que deux tâches ne doivent pas être exécutées simultanément est un problème NP-complet [6]. Qu'on s'attache à résoudre par une approche énumérative exacte ou par des heuristiques, un sous-problème revient quasi-systématiquement : il s'agit, en supposant les tâches séquencées selon un "bon" ordre, de déterminer les dates d'exécution des tâches (*timing problem*) de manière à minimiser les coûts d'avance et de retard. Alors que ce problème est trivial pour des critères réguliers, les coûts d'avance le rendent plus complexe : il faut généralement introduire entre certaines tâches des périodes d'"inactivité volontaire" [11]. Ce problème est cependant polynomial puisqu'on observera qu'il se résoud comme un cas particulier du PERT présenté dans la section précédente. Là encore, des algorithmes spécialisés permettent de résoudre efficacement le problème en $O(n \log n)$ [6, 18, 4].

Dans certaines modélisations plus fines, en particulier lorsqu'on veut introduire des périodes d'indisponibilité (absences, pauses...), il peut être nécessaire de remplacer les coûts $\alpha_i E_i + \beta_i T_i$ associés à chaque tâche par des fonctions $f_i(C_i)$ plus complexes. Dès que f_i n'est plus convexe, la modélisation par un programme linéaire du *timing problem* n'est plus possible mais le problème reste polynomial lorsque f_i est linéaire par morceaux, la complexité de l'algorithme de programmation dynamique [15] dépend alors du nombre de segments des fonctions f_i.

longueur est donc une borne inférieure sur le temps de fabrication d'un produit.

Comme remarqué par Hoogeveen et van de Velde [9] dans un article présentant un des premiers algorithme de type *branch-and-bound* pour ce problème, la résolution exacte du problème à une machine se heurte à la difficulté de trouver une bonne borne inférieure d'une part et de bonnes règles de dominance d'autre part. En effet, en raison des coûts d'avance, la plupart des raisonnements classiques ne sont plus applicables, à moins de découpler la minimisation des coûts d'avance d'une part et celle des coûts de retard d'autre part, ce qui peut conduire à des bornes de qualité moyenne [12]. En introduisant une relaxation préemptive du problème qui devient alors un problème de transport, Sourd et Kedad-Sidhoum [17, 14] ont pu résoudre des instances jusqu'à 30 tâches. Alors que la résolution exacte est difficile et que les algorithmes heuristiques constructifs ont des performances modestes, il est à noter que les méthodes par voisinage donnent de très bons résultats.

Une approche différente de l'ordonnancement JAT en présence d'une ressource critique consiste à organiser la production de cette ressource de manière à l'approcher d'un taux *idéal* de production [2]. Ce taux idéal est défini pour chaque demande comme la quantité de la demande en un produit rapportée à la somme de toutes les demandes qui doivent être satisfaites pendant la période critique. Ainsi, le manque de réactivité dû à la limitation de la ressource est réparti harmonieusement entre toutes les demandes.

Autres problèmes

Nous venons de présenter les versions JAT des deux problèmes de base de l'ordonnancement (le PERT et le problème à une machine). Il existe toutefois un grand nombre d'autres problèmes d'ordonnancement qui sont issus du JAT. Un domaine actif de recherche tourne autour de la détermination des dates d'échéance. Au lieu d'être une constante du problème les dates d_i sont ici considérées comme des variables de décision auxquels sont associés des coûts à minimiser. Ce problème apparaît naturellement lors de la négociation de contrats et nous renvoyons au récent article de synthèse de Gordon et al. [7] pour plus de précisions et de références. Cet article s'intéresse particulièrement aux cas où les dates d'échéance de toutes les tâches sont égales ($d_i = d$), ce qui permet d'obtenir des algorithmes polynomiaux pour certains problèmes ou, à défaut, des règles de dominance efficaces.

Les *temps de reconfiguration* des machines nuisent grandement à la mise en œuvre d'une politique JAT sur une chaîne de production si bien qu'en pratique de gros efforts sont faits pour les diminuer, notamment par la conception de machines facilement configurables. Toutefois, lorsque ces temps de reconfiguration ne peuvent être évités, le bon ordonnancement des tâches (et des périodes de reconfiguration) prend un rôle très important. Ce problème semble toutefois particulièrement difficile à résoudre [16].

Les problèmes à machines parallèle, les problèmes d'ateliers tels que le *jobshop* ou le *flow-shop* sont aussi étudiés dans l'objectif de minimiser les coûts d'avance et de retard. Le lecteur intéressé pourra consulter les actes de la dernière conférence PMS 2004 qui contiennent plusieurs contributions sur ces problèmes et qui montrent ainsi l'intérêt pour le JAT dans la communauté de l'ordonnancement. Cet intérêt est confirmé par la mention explicite de ces critères d'avance et de retard dans MaScLib, recueil de problèmes issus de l'industrie de manufacture proposé par ILOG dans ces mêmes actes.

Conclusion

La politique de production JAT a ainsi enrichi la théorie de l'ordonnancement de nouveaux modèles, en particulier par la prise en compte de l'avance dans l'évaluation de la qualité d'un ordonnancement. Inversement, grâce au développement des technologies de l'information, il devient plus simple de connaître en temps réel l'état des stocks et donc l'utilisation d'un ordonnanceur de production centralisé est grandement facilitée. La souplesse et la réactivité propre au JAT n'est donc plus forcément remise en cause par l'utilisation parallèle d'un ordonnanceur, à condition bien sûr que les critères propres au JAT soient modélisés.

D'un point de vue théorique, les problèmes proposés offrent des challenges intéressants en raison de leur complexité. Par exemple, il n'existe pas d'algorithmes d'approximation pour le problème à une machine (avec des d_i distincts).

D'un point de vue pratique, ces problèmes sont souvent difficiles. Pour trouver de bons algorithmes et de bonnes bornes, il est en effet nécessaire d'appliquer à la fois des raisonnements purement combinatoires (qui ont fait leur preuve en ordonnancement) et des approches basées sur la programmation mathématique pour manipuler des combinaisons linéaires de critères souvent contradictoires.

Enfin, nous conclurons sur le fait que l'introduction de ces pénalités d'avance peuvent être vus

comme un moyen de simplifier les modèles de l'ordonnancement en évitant d'introduire explicitement les contraintes de stockage. Une piste de recherche intéressante pourrait alors consister à étudier, de manière théorique et expérimentale, les liens entre l'évaluation des coûts d'avance et les stockages effectifs dans les ordonnancements.

Références

[1] M.S. Akturk et F. Erhun (1999). An overview of design and operational issues of Kanban systems, *International Journal of Production Research* **37**, 3859 – 3881.

[2] N. Brauner et Y. Crama (2004). The maximum deviation just-in-time scheduling problem, *Discrete Applied Mathematics* **134**, 25–50.

[3] G. Casanova. *Qualité et organisation*. Les amphis de France 5. `http ://www.univ-nancy2.fr/Amphis/ALD/`

[4] Ph. Chrétienne et F. Sourd (2003). Scheduling with convex cost functions, *Theoretical Computer Science* **292**, 145–164.

[5] F. Della Croce et M. Trubian (2002). Optimal idle time insertion in early-tardy parallel machines scheduling with precedence constraints, *Production Planning and Control* **13**, 133–142.

[6] M.R. Garey, R.E. Tarjan et G.T. Wilfong (1988). One-Processor Scheduling with Symmetric Earliness and Tardiness Penalties, *Mathematics of Operations Research* **13**, 330–348.

[7] V. Gordon, J.M. Proth et C. Chu (2002). A State-of-the-Art Survey of Due Date Assignment and Scheduling Research : SLK, TWK, and other Due Date Assignment Models, *Production Planning and Control* **13**, 117–132.

[8] H. Hoogeveen (2003). *Multicriteria scheduling*, ALCOM-FT Technical Report 03-190. A paraître dans *European Journal of Operational Research*.

[9] J.A. Hoogeveen et S.L. van de Velde (1996). A Branch-and-Bound Algorithm for Single-Machine Earliness-Tardiness Scheduling with Idle Time, *INFORMS Journal on Computing* **8**, 402–412.

[10] C.-C. Huang et A. Kusiak (1996). Overview of Kanban systems, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* **9**, 169 – 189.

[11] J.J. Kanet et V. Sridharan (2000). Scheduling with inserted idle time : problem taxonomy abd literature review, *Operations Research* **48**, 99 – 110.

[12] C.F. Liaw (1999). A branch-and-bound algorithm for the single machine earliness and tardiness scheduling problem, *Computers & Operations Research* **26**, 679–693.

[13] Y. Monden (1983). *Toyota Production Systems*, Industrial Engineering and Management Press, Norcross, GA.

[14] F. Sourd (2004). The continuous assignment problem and its application to preemptive and non-preemptive scheduling with irregular cost functions, *INFORMS Journal of Computing* **16**, 198–208.

[15] F. Sourd (2004). Optimal timing of a sequence of tasks with general completion costs. A paraître dans *European Journal of Operational Research*.

[16] F. Sourd (2004). Earliness-tardiness scheduling with setup considerations, à paraître dans *Computers & Operations Research*.

[17] F. Sourd et S. Kedad-Sidhoum (2003). The one machine scheduling with earliness and tardiness penalties, *Journal of Scheduling* **6**, 533–549.

[18] W. Szwarc et S.K. Mukhopadhyay (1995). Optimal Timing Schedules in Earliness-Tardiness Single Machine Sequencing, *Naval Research Logistics* **42**, 1109-1114.

[19] V. T'kindt et J.-C. Billaut (2002). *Multicriteria Scheduling : Theory, Models and Algorithms*. Springer, Berlin.

[20] M. Vanhoucke, E. Demeulemeester et W. Herroelen (2001). An exact procedure for the resource-constrained weighted earliness-tardiness project scheduling problem, *Annals of Operations Research* **102**, 179–196.

[21] M. Wennink (1995). *Algorithmic Support for Automated Planning Boards*, PhD Thesis, Eindhoven University of Technology.

Vie de l'association

Assemblée Générale Ordinaire de la ROADEF

15 mars 2004, Paris

Compte rendu

par Jean-Charles Billaut

Soixante huit membres étaient présents ou représentés (16 procurations).

Arnaud Fréville présente les activités du bureau au cours de l'année 2003 :

1. élection du nouveau bureau
2. deux éditions du bulletin de la Roadef
3. quatre premiers numéros de 4'OR
4. le congrès national qui s'est déroulé à Avignon
5. une journée industrielle à Clermont-Ferrand
6. les groupes de travail (PM2O, JFRO, META, Contraintes et RO)
7. le Prix Robert Faure 2003
8. l'Ecole d'été et d'automne
9. le projet de RTP en Recherche Opérationnelle.

0Le bilan de la trésorerie montre que l'année écoulée a été globalement déficitaire, même si le solde du compte reste largement positif. Le détail est indiqué sur les transparents, disponibles sur le site de l'association. L'assemblée approuve à l'unanimité moins une abstention et donne le quitus au trésorier.

Arnaud Fréville évoque ensuite les difficultés de la revue RAIRO-RO et la demande formulée par EDP Sciences, actuel propriétaire de la revue, pour que la ROADEF intervienne avec la SMAI pour relancer la revue. A lieu alors un Vote « pour donner mandat aux trois rédacteurs en chef pressentis par la SMAI et la ROADEF pour réactiver l'édition de la revue » (les trois rédacteurs en chef sont Alain Billionnet, Philippe Chrétienne et Philippe Mahey). Le résultat du vote est 55 OUI, 2 NON et 11 abstentions, la proposition est donc adoptée.

Marie-Christine Costa, actuelle présidente, après avoir remercié l'ancien bureau, présente le nouveau bureau. Ensuite, les activités actuelles et à venir sont exposées :

1. la refonte du site web
2. le bulletin
3. la relance de la lettre bimensuelle
4. le challenge ROADEF
5. les Groupes de Travail parrainés
6. les conférences à venir.

Ensuite, Marie-Christine Costa lance plusieurs appels à la communauté :
Appel pour constituer de nouveaux groupes de travail, appel à candidatures pour organiser des journées industrielles, appel à candidatures pour participer à l'école d'été EURO Summer Institute XXII à Ankara (Turquie), appel à soumissions d'articles réguliers dans la revue de l'association 4'OR (http ://homepages.vub.ac.be/ fouror/).

Les cotisations pour 2005 sont inchangées par rapport à l'année passée, soit : membre actif 55 euros, membre étudiant 15, membre retraité 40, membre institutionnel 165 et membre bienfaiteur 150. Cette proposition est soumise à un vote et le vote est favorable à l'unanimité.

Concernant la prochaine édition de la conférence ROADEF, Marie-Christine Costa a deux propositions :

1. proposer aux doctorants de soumettre des articles longs, donnant lieu à une sélection et à une publication dans des actes référencés
2. faire des tarifs largement incitatifs pour favoriser les adhésions à la ROADEF.

Ces deux propositions sont soumises à un vote, qui s'avère favorable à l'unanimité.

Jean-Charles Billaut présente ensuite la candidature de Tours pour l'organisation de la prochaine conférence ROADEF en 2005. Cette candidature est la seule, cette proposition est soumise à un vote, et le vote est favorable à l'unanimité.

L'A.G.O. se termine par la remise du prix Robert Faure, présidé par Alain Billionnet (voir par ailleurs).

Remise du prix Robert Faure 2003/2004

par Alain Billionnet

Le Prix Robert Faure a été créé en 1993 par le comité Aide à la décision et Recherche opérationnelle de l'AFCET en hommage au Professeur Robert Faure, pionnier de la Recherche Opérationnelle en France, disparu le 29 janvier 1982. Ce prix vise à encourager une contribution originale dans le domaine de l'aide à la décision et de la recherche opérationnelle. Une attention toute particulière est accordée aux travaux qui allient le développement de méthodes théoriques aux applications, ceci dans l'esprit de l'œuvre de Robert Faure.

Cette quatrième édition du prix Robert Faure est parrainée par le laboratoire CEDRIC-CNAM, la Chaire de R.O. du CNAM, France Telecom, ILOG, le laboratoire LIPN de Paris Nord, le laboratoire LAAS-CNRS de Toulouse, RENAULT, la SNCF.

Le jury 2003-2004, présidé par Alain Billionnet (IIE-CNAM) se compose de Jacques Bernier (EDF, à la retraite), Stéphane Dauzère-Pérès (Ecole des Mines de Nantes), David De Almeida (SNCF), Dominique De Werra (EPFL), Olivier Du Merle (Air France), Gerd Finke (IMAG), Claire Hanen (Université de Paris 10), Jin-Kao Hao (Université d'Angers), Bernard Lemaire (CNAM), Claude Le Pape (ILOG S.A.), Philippe Mahey (Université de Clermont-Ferrand), Philippe Michelon (Université d'Avignon), Michel Minoux (Université de Paris 6), Patrice Perny (Université de Paris 6), Arnaud Renaud (Artelys). Il s'est réuni le 6 février 2004, et a examiné 14 candidatures dont l'excellence n'a pas facilité sa tâche. Les prix ont été attribués à :

Francis Sourd (1er prix), pour ses travaux sur :
- Exploration partielle d'un arbre de recherche guidée par un algorithme glouton ;
- Ordonnancement d'ateliers
- Ordonnancement juste à temps avec fonctions de coût convexes
- Représentation générale des fonctions linéaires par morceaux en programmation par contraintes.

Mourad Baïou (2ème prix) :
- Conception de réseaux fiables
- Problèmes d'affectations et d'allocations stables
- Approche polyédrique et étude de cas polynomiaux.

Filippo Focacci (3ème prix ex-æquo) :
- Intégration des méthodes de la R.O. à la programmation par contraintes
- Applications industrielles
- Ingénierie du logiciel.

Frédéric Roupin (3ème prix ex-æquo) :
- Placement et partitionnement dans les graphes, résolution approchée
- Définition d'un cadre général et homogène pour formuler des relaxations semi-définies de problèmes d'optimisation combinatoire
- Multiflots en entiers et multicoupes.

Le point sur le Challenge ROADEF'2005

par Van-Dat Cung[1]

Résumé des épisodes précédents

Suite au succès remporté par les trois précédents challenges ROADEF'99, ROADEF'2001, et ROADEF2003, la ROADEF a décidé de renouveler pour la troisième fois consécutive le challenge dédié aux applications industrielles. Les résultats de ce challenge seront présentés au prochain congrès de ROADEF qui aura lieu du 14-16 février 2005 à Tours. 55 équipes (38 juniors et 17 seniors) se sont inscrites pour la phase initiale de qualification !

Sujet du challenge

Le sujet de cette 4ème édition est une application proposée par le constructeur d'automobiles RENAULT. Il s'agit d'un problème de "Car sequencing" (ordonnancement de véhicules pour une chaîne de montage automobile).

Résultats de la phase de qualification

La phase de qualification s'est déroulée comme prévue. Sur les 55 équipes initiales, 27 équipes

[1] lab.GILCO , ENSGI-INPG, Responsable de l'organisation du challenge

ont remis des projets. Le jury composé de Youssef KHACHENI (RENAULT), Alain NGUYEN (RENAULT), Christian ARTIGUES (LIA, Univ. d'Avignon), Chu Min LI (LaRIA, Univ. Picardie) et Bernard PENZ (GILCO, ENSGI-INPG) a choisi sur la base des résultats obtenus de garder 24 équipes (13 juniors et 11 seniors) pour la phase finale. La liste des équipes qualifiées, ainsi que plus de détails sur le sujet et le déroulement du challenge, sont consultables sur le site de la ROADEF (www.roadef.org).

Les résultats sont déjà très bons en terme de qualité des solutions. La plupart des concurrents ont fourni des solutions meilleures que les solutions de référence de RENAULT. Aussi, le classement très serré des candidats montre qu'il y a un véritable challenge ! Et une grande incertitude demeure sur les vainqueurs. Les instances de données B seront fournies mi-juin pour que les candidats puissent d'avantage régler leurs codes pour la phase finale sur les instances "X" qui resteront inconnues pour eux. A noter : c'est une équipe junior qui est en tête (de peu certes), comme pour le challenge ROADEF'2003 !

Suite de l'ASRO : vers un GdR Recherche Opérationnelle

D'après le Compte Rendu

de Philippe Chrétienne

Alain Quilliot, Marc Demange et Philippe Chrétienne ont rencontré, mardi 18 mai 2004, Antoine Petit, directeur du STIC, au sujet de la place et l'avenir de la RO au sein du CNRS.

Lors de cette entrevue, Antoine Petit s'est montré très attentif à la volonté de la communauté RO d'acquérir une visibilité à travers une structure du CNRS suffisament pérenne. Il a reconnu l'intérêt, l'originalité et l'importance scientifique de notre discipline et a mis en particulier l'accent sur son caractère transversal (dans et hors STIC). Il a également été sensible d'une part au dynamisme de la communauté qui s'est en particulier manifesté récemment dans les activités de l'ASRO et d'autre part à la propension de la RO à attirer de jeunes chercheurs.

Après une discussion très ouverte, Antoine Petit a proposé d'élaborer, d'ici la fin juin, un projet de GDR «Recherche Opérationnelle» de type «action» regroupant les forces actives et productives du domaine et dont les missions essentielles seraient, outre la fédération et le nécessaire soutien aux groupes de travail, de mettre en œuvre des projets scientifiques et de constituer une «vitrine» nationale du domaine favorisant les collaborations industrielles et l'intégration dans des réseaux européens. Cette proposition nous paraît constituer une opportunité exceptionnelle pour que la RO acquière enfin au sein du CNRS la place qu'elle mérite.

Suite à cette rencontre, une réunion rassemblant des représentants des différents thèmes de notre discipline a eu lieu le mardi 8 juin 2004 au LIP6 pour élaborer les contours, l'organisation et les missions du projet de GDR.

Un débat s'instaure sur les missions du GDR «de type nouveau» qu'il nous est proposé de constituer :

- place de l'animation et rattachement des groupes de travail,
- rôle de catalyseur de projets scientifiques et européens,
- structuration permettant une bonne visibilité des compétences, favorisant les collaborations industrielles et l'intégration à des réseaux européens.

Tous s'accordent à reconnaître que toutes les composantes actives de la RO doivent être représentées et de ce point de vue, l'accueil favorable transmis par Alain Jean-Marie au nom de la communauté «Modèles Stochastiques et Evaluation de Performances» est particulièrement apprécié.

Afin d'accélérer la mise en œuvre d'un draft de projet fin juin, les participants se répartissent la charge d'une actualisation de la connaissance des thématiques (et de leurs collaborations industrielles solides) des principales équipes de RO. Le draft sera ensuite soumis pour consultation, conseils et recommandations à la direction scientifique du STIC. La version finale sera soumise à Antoine Petit début septembre.

4'OR, revue de la ROADEF

Le numéro 1 du volume 2 de 4'OR, la revue des sociétés belge, française et italienne de Recherche Opérationnelle, est paru. Tous les membres de ces sociétés reçoivent automatiquement 4'OR avec leur adhésion. 4'OR est la revue de la ROADEF, à nous de la soutenir ! Vous trouverez dans votre exemplaire toutes les informations nécessaires pour y soumettre vos articles.

Merci de signaler au bureau ROADEF tout problème concernant la réception de la revue.

Manifestations parrainées par la ROADEF

Appel à soumission

ROADEF'05

Tours - École Polytechnique de l'Université de Tours

du 14 au 16 février 2005

http ://www.ocea.li.univ-tours.fr/roadef05 ; http ://www.roadef.org

Le 6ème congrès de la société française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF) est organisé par le Laboratoire d'Informatique de l'Université de Tours et aura lieu à Polytech'Tours les 14, 15 et 16 février 2005.

Tous les thèmes de la Recherche Opérationnelle et de l'Aide à la Décision sont éligibles pour la conférence. Nous encourageons en particulier les jeunes chercheurs à venir présenter leurs travaux.

La soumission d'articles se fera : - soit sous forme de résumé de deux pages, - soit **sous forme d'un article complet (entre 10 et 15 pages), dont le premier auteur est un doctorant. Les articles complets donneront lieu à une sélection particulière et constitueront des actes aux Presses Universitaires de François Rabelais (PUFR). Ces actes seront référencés avec un numéro ISBN.**

Des styles prédéfinis seront disponibles très prochainement sur le site du congrès www.ocea.li.univ-tours.fr/roadef05 que nous vous invitons à consulter régulièrement et qui évoluera au fur et à mesure que l'organisation progressera.

Numéro spécial RO : Un numéro spécial « Roadef 2005 » de la revue RAIRO Recherche Opérationnelle / Operations Research sera édité. Les articles seront soumis au processus d'arbitrage normal de la revue.

Dates importantes

- Date limite de réception des articles (résumés et articles complets) : 10 septembre 2004
- Notification d'acceptation ou de rejet : 30 octobre 2004
- Date limite de réception des versions définitives : 30 novembre 2004
- Date limite des inscriptions sans majoration : 15 janvier 2005
- Congrès : 14-16 février 2005

Inscriptions (avant le 1er octobre)

Les tarifs d'inscription à la conférence avant le 15 janvier 2005 sont les suivants :

Membres ROADEF :
- étudiants : 60 euros
- non étudiants : 120 euros

Non membres ROADEF :
- étudiants : 100 euros
- non étudiants : 200 euros

Les tarifs seront majorés de 30 euros après le 15 janvier.

Comité scientifique

- Philippe Baptiste, LIX, Paris
- Alain Billionnet, CNAM, Paris
- Denis Bouyssou, LAMSADE/CNRS, Paris
- Alexandre Caminada, SeT, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard
- Philippe Chrétienne, LIP6 - Université Paris VI
- Stéphane Dauzère-Pérès, Ecole des Mines, Saint-Etienne

- Federico Della Croce, Ecole Polytechnique de Turin, Italie
- Dominique De Werra, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse
- Jin-Kao Hao, LERIA - Université d'Angers
- Martine Labbé*, Université Libre de Bruxelles, Belgique
- Gilbert Laporte, HEC de Montréal
- Pierre Lopez, LAAS-CNRS, Toulouse
- Ridha Mahjoub, LIMOS, Université de Clermont II
- Philippe Mahey, LIMOS, Université de Clermont II
- Thierry Mautor, PRISM, Université de Versailles-Saint-Quentin
- Patrice Perny, LIP6, Paris
- Marie-Claude Portmann, LORIA-INPL / INRIA Lorraine, Nancy
- Jean-François Puget, ILOG
- Maurice Queyranne*, LEIBNIZ/IMAG, Grenoble
- Francis Sourd, LIP6, Paris
- Marino Widmer, Université de Fribourg, Suisse.

(* à confirmer)

Lieu et adresse

École Polytechnique de l'Université de Tours (E3i) 64 avenue Jean Portalis 37200 Tours.
http ://www.polytech.univ-tours.fr

MOSIM'04 : Modélisation et Simulation pour l'Analyse et l'Optimisation des Systèmes Industriels et Logistiques

IRCCyN - Ecole des Mines de Nantes

du 1 au 3 septembre 2004

http ://www.emn.fr/x-auto/mosim04/

Le bureau de la ROADEF

Contacter le bureau

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

- president@roadef.org : Marie-Christine Costa
- secretaire@roadef.org : Jean-Charles Billaut
- tresorier@roadef.org : David De Almeida
- vpresident1@roadef.org : Eric Sanlaville (Le bulletin)
- vpresident2@roadef.org : safia Kedad-Sidhoum (le site web)
- vpresident3@roadef.org : Christian Artigues (4'OR et relations internationales)

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

Vie des groupes de travail ROADEF

compte rendu de la

$9^{ème}$ journée du groupe de travail sur

la Programmation Mathématique MultiObjectifs (PM2O)

28 avril 2004

par Clarisse Dhaenens et Virginie Gabrel

Le groupe PM2O (Programmation Mathématique MultiObjectif) de la ROADEF et du GT 1.6 du GDR I3 s'est réuni à Brest le 28 avril 2004, accueilli par l'ESC de Brest et l'ENST Bretagne.

Cette réunion a été organisée conjointement avec les $9^{èmes}$ journées du Groupe de Travail EURO en Aide Multicritère à la décision (EWG MCDA) du 29 et 30 avril 2004.

Nous avons eu le plaisir d'écouter 4 exposés longs au cours de cette journée donnés par :

- Anthony Przybylski du LAMIH/ROI de l'Université de Valenciennes sur la résolution exacte du problème d'affectation bicritère,
- Wassim Jaziri du Laboratoire Perception Systèmes d'Informations de l'INSA Rouen présentant un système interactif d'optimisation sous contrainte,
- Alain NGuyen de la Direction des Technologies et des Systèmes d'Information de Renault exposant la problématique multicritère de l'ordonnancement de véhicules sur les chaines de montage
- Clarisse Dhaenens du LIFL de l'Université de Lille I sur l'optimisation multicritère par métaheuristiques.

La journée se termina par une table ronde informelle permettant de faire circuler un certains nombre d'informations sur le vie du groupe et sur les manifestations concernant la l'optimisation multiobjectif.

Le programme détaillé de la journée ainsi que les exposés et les différentes informations sont disponibles à partir de la page web du groupe à l'adresse : http ://www.lifl.fr/PM2O/. Ces exposés ont donné lieu à de nombreuses discussions entre les participants (autour d'une vingtaine) et des actes contenant des articles courts relatifs à PM2O et EWG MCDA seront prochainement édités après procédure d'arbitrage.

L'accueil et l'organisation locale ont été d'une grande qualité et nous tenons à remercier l'équipe d'organisation de l'ESC et l'ENST Bretagne. La prochaine journée du groupe PM2O se déroulera à l'Université Paris Dauphine fin octobre 2004. Nous vous y attendrons nombreux.

---

compte rendu de la

$9^{è}$ Journée Francilienne de Recherche Opérationnelle

15 mars 2004

par Lucas Létocart

La neuvième édition des Journées Franciliennes de Recherche Opérationnelle s'est déroulée le 15 mars dernier au Conservatoire National des Arts et Métiers à Paris. Cette journée était exceptionnellement couplée avec l'assemblée générale de la ROADEF et la remise du prix Robert Faure. Cette journée avait pour thème «Carte blanche au Monde francophone». C'est Dominique De Werra, de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne en Suisse qui a présenté le premier exposé de la journée sur l'authentification dans un réseau ad hoc. Lors de cet exposé, l'accent a été particulièrement mis sur les rapports avec les problèmes d'équilibrage et leurs représentations en théorie des

graphes. L'orateur a proposé différentes formulations de ces problèmes, il a ensuite proposé des approches heuristiques de résolution et a examiné plus précisemment quelques cas particuliers. Il a enfin présenté quelques problèmes ouverts.
Le reste de la matinée était réservé à l'assemblée générale de la ROADEF et à la remise du prix Robert Faure. L'après-midi, deux autres exposés étaient au programme.
Maurice Queyranne, de l'Université de British Columbia au Canada et qui était en visite au laboratoire Leibniz de l'IMAG à Grenoble, a présenté des algorithmes en-ligne robustes pour les problèmes de gestion du revenu. Il a présenté des politiques avec garantie de performance qui sont robustes lorsque la demande est difficile à prévoir.
Après la pause café, Gérard Cornuejols, de l'Université de Carnegie Mellon aux États-Unis et qui était en visite au LIF de l'Université de Marseille à Luminy, a présenté des développements récents en programmation en nombres entiers. Il a montré des améliorations possibles des coupes de Gomory et a ensuite abordé la question de l'estimation, au bout de quelques secondes, du temps de calcul nécessaire pour résoudre un programme en nombres entiers.
Nous remercions tous les orateurs de cette journée pour leur participation et pour la qualité de leur présentation. Cette journée avait attiré un public nombreux.
Les transparents de certaines de ces présentations sont en ligne sur le site des JFRO (accessible depuis le site de la ROADEF).

La journée suivante a eu lieu le 11 juin 2004 au Carré des Sciences à Paris sur le thème : «Optimisation convexe : relaxation lagrangienne, décomposition et génération de colonnes».

Le comité d'organisation : Laurent Alfandari, Eric Angel, Lucas Létocart, Cécile Murat.

---

compte rendu des

activités du groupe CONTRAINTES

par Philippe Baptiste, Narendra Jussien et Pierre Lopez

1. Journée de lancement du groupe Contraintes et Recherche Opérationnelle

Paris le 6 juin 2003, http ://www.emn.fr/x-info/jussien/GT/060603.html

- Table ronde précédée par une présentation des points de vue sur le sujet de : Abderrahmane Aggoun (Cosytec), Jacques Carlier (HeuDiaSyc), François Fages (INRIA), Éric Monfroy (IRIN), Jean-François Puget (Ilog) et Thomas Schiex (INRA).
- Intégration d'une méthode d'aide à la décision multi-critère en programmation par contraintes par Fabien Le Huédé (Thalès Research & Technology)
- Coopération de la Réécriture et de la Recherche Opérationelle pour la planification de personnel médical par Frédéric Prost (IMAG)
- Des explications "opérationnelles" pour les contraintes globales par Guillaume Rochart (EMN)
- Planification et ordonnancement sous incertitudes - Application à la gestion de projet par Julien Bidot (LGP, Ilog)

2. Journée de travail Contraintes et Recherche Opérationnelle

Nantes le 22 octobre 2003, http ://www.emn.fr/x-info/jussien/GT/221003.html

- Analyses des graphes de tâches pour un PERT flou par Jérôme Fortin (IRIT)
- Mise en oeuvre de techniques d'hybridation pour la résolution d'un problème de «multiflot monorouté» sous contraintes opérationnelles par Hadrien Cambazard (EMN)
- Mesurer la similarité de graphe : PPC vs RO par Sébastien Sorlin (Lyon)
- Viabilité et Contraintes par Konstantin Artiouchine (Thalès R&T)
- Contraintes globales correctes pour une résolution efficace de systèmes numériques par Michel Rueher (ESSI)
- Recherche locale et propagation par Cédric Pralet (LAAS)

3. Numéro spécial "Contraintes et Recherche Opérationnelle" de RAIRO

Devant le succès de ces journées et l'essor très important dont cette thématique a bénéficié ces

dernières années, il nous a semblé opportun de faire un point sur les recherches en France sur cette thématique. Nous avons donc lancé un appel à communications pour édition d'un numéro spécial de la revue RAIRO-Recherche Opérationelle/Operations Research dont les thèmes clés sont : modélisation par réseaux de contraintes, algorithmes de filtrage (propagation de contraintes), heuristiques d'instanciation, stratégies de résolution, coopération de méthodes (eg, PPC + PL), langages et environnement de programmation, analyse et élimination des symétries.

Les articles soumis sont actuellement en cours d'évaluation.

4. Avenir

À compter de juin 2004, les porteurs du groupe sont Sophie Demassey, Fabien Le Huédé et Narendra Jussien. Une journée devrait être organisée dans le courant du mois de septembre 2004. Toute proposition d'exposé sera accueillie avec grand intérêt !

---

compte rendu des

Journées organisées par le groupe META

par Patrick Siarry

Les manifestations programmées par le Groupe META (jusqu'à ce jour) pour 2004 sont les suivantes :

réunion META-JET

Le 12 mars 2004, à Paris, réunion en commun avec le groupe JET, qui s'intéresse aux algorithmes évolutionnaires : http ://lil.univ-littoral.fr/˜ fonlupt/JET11/

- Evelyne Lutton (INRIA), Présentation générale des algorithmes évolutionnaires et applications
- Conférence invitée : Jonathan Timmis (UK) : Artificial Immune Systems, an Overview
- Hugues Juillé (Eurobios, Paris), Modélisation par contraintes et algorithmes génétiques pour la planification stratégique des horaires de trains
- Mathieu Basseur (Lille), Méthodes coopératives pour l'ordonnancement multicritères
- Matthieu Pierres (INRIA), Résolution de systèmes fortement contraints par évolution artificielle interactive
- Johann Dréo (LERISS, Paris 12), Algorithmes à évolution de distribution et colonies de fourmis, mécanismes communs et hybridation avec une recherche locale

Réunion META-SCDD

Le 1er avril 2004, à Créteil, réunion de travail commune entre les groupes META et SCDD du GdR MACS : http ://www.lifl.fr/˜talbi/SCDD (groupe parrainé par la ROADEF).

- Présentation des groupes META et SCDD
- Laurent Deroussi (LIMOS), Systèmes de voisinage pour le problème du job shop avec transport
- Haiyan Housroum (Laboratoire de Génie Informatique et d'Automatique de l'Artois), Une approche évolutionniste du problème de la gestion dynamique de tournées de véhicules avec fenêtres de temps
- Devan Soher (LRIA, Paris 8 et EPHE), Modélisation markovienne de la déviation d'un aéronef
- Mhand Hifi (Laboratoire LARIA, Amiens et CERMSEM, Paris 1), Sensibilité de l'optimum et méthodes adaptatives
- Stéphane Bonnevay (LASS Lyon), REGATHE
- Yann Collette (Renault Technocentre, Guyancourt), Les nouvelles variantes du recuit simulé (Simulated Tempering, ...)

FRANCORO'2004

18-21 août 2004, à Fribourg (Suisse), organisation de deux sessions (http ://www.francoro.ch).

MOSIM'2004

1-3 septembre 2004, à Nantes, organisation d'une session du Congrès MOSIM'2004 : http ://www.emn.fr/x-auto/mosim04/

Annonces des manifestations à venir

MCO 2004 Modelling, Computation and Optimization in Information Systems and Management Sciences

Metz 1-3 juillet

http ://lita.sciences.univ-metz.fr/ mco04/

EURO XX : European Conference on Operational Research

OR and the management of electronic services

Rhodes 4-7 juillet

http ://www.euro-rhodes2004.org/

ESI XXII : The EURO Summer Institute

OPTIMIZATION AND DATA MINING

Ankara, Turquie 9-25 juillet

http ://www.iam.metu.edu.tr/esi04/

Les 2 chercheurs de la ROADEF invités par ESI sont Anne Lise Huyet (LIMOS) et Mohamed Khabzaoui (LIFL).

Graph Theory 2004 : A Conference in Memory of Claude Berge

Paris, juillet 5-9, 2004

http ://www.ecp6.jussieu.fr/GT04/GT04b.html

DOM 2004 : Discrete Optimization Methods in Production and Logistics

Omsk - Irkutsk, Russie 20-27 juillet 2004

http ://dom04.omskcity.ru/

FRANCORO IV : Rencontres Francophones de Recherche Opérationnelle

Fribourg (suisse) 18-21 août

http ://www.francoro.ch/

Second Congrès Francophone MAJECSTIC'04 (MAnifestation des JEunes Chercheurs STIC)

Calais 13-15 octobre

http ://lil.univ-littoral.fr/majecstic/index.html

LFA'2004 : Rencontres francophones sur la Logique Floue et ses Applications

Nantes, 18 et 19 novembre 2004

http ://www.sciences.univ-nantes.fr/lina/lfa2004/

Parution d'un nouveau journal :

Discrete Optimization, rédacteur en chef Peter Hammer (Elsevier)

Le premier numéro est sorti le 15 juin 2004
Il est disponible sous science direct

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 2004

Les cotisations pour l'année 2004 sont les suivantes :

- membre actif ..... 55 euros
- membre étudiant ..... 15 euros
- membre retraité ..... 40 euros
- membre institutionnel ..... 165 euros
- membre bienfaiteur ..... 150 euros

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

- Membre actif, retraité, bienfaiteur : le bulletin ROADEF, 1 Abonnement à 4'OR, 1 tarif réduit aux conférences, 1 vote
- Membre étudiant : idem mais 4'OR ne sera fournie que si le budget de la ROADEF le permet.
- Membre institutionnel : le bulletin ROADEF, 1 Abonnement à 4'OR, 3 tarifs réduits aux conférences, 1 vote.

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 David De Almeida (tresorier@roadef.org) ou Jean-Charles Billaut (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 Eric Sanlaville

Rédactrice en Chef :
Marie Christine Costa

Comité de rédaction :
Marie-Christine Costa, Christian Artigues, Jean-Charles Billaut,David De Almeida, Safia Kedad-Sidhoum, Eric Sanlaville

Composition du Bulletin :
Eric Sanlaville

Ce numéro a été tiré en 220 exemplaires. Les bulletins précédents sont disponibles sur le site de la ROADEF.