

# Le bulletin

Semestriel



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

Éditorial : Henri Beringer et Nabil Guerinik

Développer un outil générique pour la planification des ressources humaines

Articles invités : 1) M. Gendreau ; 2) D. Habet & M. Vasquez

Les Enchères Combinatoires et la Recherche Opérationnelle

Tabu Algorithm on a Saturated and Consistent Neighborhood for Selecting  
and Scheduling Photographs of Agile Earth Observing Satellite

Activités de la ROADEF :

Prix Robert Faure

Groupes de travail JFRO, PM2O, META

AG ordinaire de la ROADEF, Élection du nouveau bureau de la ROADEF

Manifestations parrainées par la ROADEF :

École d'Automne de Recherche Opérationnelle de Tours

Annonces des manifestations à venir

Compte-rendu :

6<sup>e</sup> JFRO, 7<sup>e</sup> PM<sup>2</sup>O, 1er semestre META, Journée industrielle, GDR ALP

Rejoindre la ROADEF

Édition Printemps - Été 2003  
Numéro 10 - Juin 2003

Éditeur ..... Arnaud Fréville, LAMIH - Université de Valenciennes, Le Mont Houy F59313 Valenciennes cedex 9  
Siège social ..... Marie-Christine Costa, CEDRIC - CNAM, 292 Rue Saint-Martin F75141 Paris cedex 03  
Publication ..... Anass Nagih, LIPN - UMR CNRS 7030 - Université Paris 13, 99 Av. J-B Clément F93430 Villetaneuse  
Site web ..... <http://www.roadef.org>  
Langues officielles ..... Français et anglais



## Editorial

# Développer un outil générique pour la planification des ressources humaines

Henri Beringer & Nabil Guerinik, TempoSoft

{hberinger,nguerinik}@temposoft.com

Les problèmes de planification des ressources humaines sont extrêmement divers. Nous en présentons ici un large sous-ensemble rencontré dans divers secteurs d'activité allant de la grande distribution à l'industrie, en passant par les services aux entreprises et les métiers de la santé. Nous décrivons ensuite les grandes lignes d'un outil permettant de modéliser et résoudre les problèmes de cette vaste famille qui contient des problèmes complexes et de grande taille. Nous nous attachons en particulier à montrer comment les impératifs de flexibilité et de robustesse ont été pris en compte dans l'architecture de cet outil.

### Présentation de la société

TempoSoft propose un progiciel sous Intranet permettant non seulement d'optimiser l'utilisation des ressources humaines mais aussi de gérer le temps de travail quelle qu'en soit l'organisation. L'innovation technologique majeure de TempoSoft est d'avoir développé une solution totalement générique, paramétrable, complètement Intranet et multi-plateforme. Société française créée en 1998, TempoSoft a des bureaux en France, au Royaume-Uni et aux Etats-Unis.

## 1 Les problèmes considérés

Planifier consiste à affecter dans le *temps* des *activités* à des *ressources*, ici humaines. Les problèmes que nous cherchons à résoudre varient par la portée et la précision attendue sur ces trois axes :

**Le temps** : La période à planifier peut être un seul jour comme une année entière. Au sein de cette période, le problème peut être de positionner les activités à la minute près comme d'en distribuer des volumes entre des plages de temps comme le jour, la semaine ou le mois.

**Les activités** : Dans certains problèmes les activités ne sont pas différenciées ; on planifie alors juste la quantité de travail. Cependant, le plus souvent, les activités sont distinguées afin de refléter les contraintes organisationnelles et, en particulier, les compétences qu'elles requièrent. De plus, dans certaines applications, il est nécessaire de gérer indivi-

duellement chaque tâche élémentaire, comme, par exemple, une visite de maintenance particulière.

**Les ressources** : Le but final de la planification est de construire le planning propre à chaque individu de la population couverte en tenant compte de ses particularités : contrats, disponibilités, absences, compétences, préférences... Cependant il est souvent utile de procéder préalablement à des décisions de planification entre des équipes de taille variable : département, équipe ou binôme. Par exemple, il peut être nécessaire de distribuer la charge de travail entre divers centres d'appel de la façon la plus ajustée à leur capacité respective avant de construire le planning de chacun d'eux.

### 1.1 Décrire la charge des activités

Un objectif central de la planification est que l'ensemble des tâches planifiées pour chaque activité couvre le besoin en effectif (la "charge") correspondant. La description de la charge des activités est très variable : effectif nécessaire à chaque instant (charge fixe), volume de temps à distribuer librement au sein d'un intervalle de temps (charge mobile) ou encore ensemble de tâches prédéterminées à affecter telles quelles aux individus (insécables). Nous illustrons ci-dessous ces différents cas de figure.

#### Activités à charge fixe

De nombreux métiers nécessitent de répondre immédiatement à une demande qui ne peut être décalée dans le temps sans réduire fortement la qualité du service rendu. C'est le cas des opérateurs de centre d'appel, ou encore des guichetiers et caissières de toute organisation (gares, péages, supermarché).

Pour ces activités, le besoin est un nombre de personnes nécessaires dans un lieu donné à chaque instant de la journée. Cette courbe de besoin est en général calculée à partir de la demande prévue pour chaque quart d'heure de la journée (par exemple, pour les caisses de supermarché, le nombre d'articles vendus et le nombre de clients).

## Activités à charge mobile

Il est souvent possible de déplacer dans le temps le travail devant être effectué. C'est le cas par exemple de la plupart des travaux administratifs mais aussi des activités de rangement ou de réapprovisionnement des rayons dans un supermarché. La charge de ces activités est simplement décrite par un volume d'heures de travail devant être positionné dans un intervalle de temps donné (par exemple, pour chaque jour durant les heures normales de travail).

## Les tâches "insécables"

Lorsque chaque tâche élémentaire est gérée individuellement, la charge de travail associée à l'activité est simplement représentée par l'ensemble des tâches devant être couvertes. Une tâche est caractérisée par son heure de début et son heure de fin, ainsi que par les compétences qu'elle requiert. Une telle tâche est "insécable" car elle doit être intégralement effectuée par une seule et même personne.

Nous trouvons des exemples de tâche de ce type dans de nombreux secteurs :

- dans un hypermarché, la collecte des recettes en liquide qui, pour des raisons de sécurité, doit être effectuée à un moment précis, sans interruption et par la même personne du début jusqu'à la fin,
- dans une usine, les opérations de maintenance qui ont été préalablement planifiées.

Plus généralement, les tâches insécables sont souvent le résultat d'une première planification effectuée en amont comme le calcul d'un ensemble de tournées de livraison ou plus simplement la définition de "postes" ou de "vacations" reflétant une organisation détaillée du travail mise au point par ailleurs. Une limite de beaucoup d'outils est de ne savoir traiter que des vacations ou des postes correspondant à des journées de travail complètes. Lever cette restriction comme il est possible de le faire avec notre outil permet une importante amélioration du processus de planification.

Nous n'aborderons pas ici le cas des tâches insécables "mobiles" (librement positionnées au sein d'un intervalle). En effet, ce type de tâche génère le plus souvent des problèmes d'ordonnancement qui doivent être résolus par des outils spécialisés.

## 1.2 Contraintes liées aux activités

Chaque activité peut être soumise à des contraintes de formes diverses :

- La durée des tâches est souvent bornée inférieurement et supérieurement (par exemple, pas d'affectation à un poste pour moins d'une demi-heure, ou encore, pas plus de 2 heures d'affilées sans pause sur une activité stressante).
- En sus de la charge de travail, il peut exister des contraintes ou objectifs sur le nombre de personnes d'un groupe donné affectées à un sous-ensemble d'activités. Par exemple : avoir à tout moment au moins une personne ayant une certification "sécurité" affectée à un site.
- Il peut exister des contraintes très diverses sur les volumes horaires planifiés pour certaines activités pour certaines personnes durant certaines périodes de temps. Par exemple : afin de soutenir l'équipe durant la période de forte pointe du Samedi de 12h00 à 18h00, avoir au moins 4 heures d'activité du front office assurées par les managers.
- Enfin, des contraintes de successions obligatoires d'activités sont quelques fois utiles. Par exemple, planifier un arrêté de caisse à la fin de chaque poste de caissier.

L'outil présenté ne traite pas les problèmes comportant certaines contraintes complexes sur l'enchaînement des tâches, en particulier pour des raisons de distance géographique entre leur lieu de réalisation. Ces problèmes nécessitent des méthodes de résolution dédiées (en particulier pour optimiser les tournées) pouvant générer des tâches composites qui peuvent être traitées ensuite par notre outil comme des tâches insécables.

## 1.3 Contraintes et objectifs liés aux ressources humaines

Les contraintes de planification les plus complexes sont celles qui s'appliquent aux individus ou aux groupes d'individus. En effet, les sources de ces contraintes sont multiples : légales, contractuelles, organisationnelles ou simplement résultant des spécificités individuelles : compétences, préférences etc. Ces contraintes sont soit dures (inviolables), soit des objectifs plus ou moins forts. Sans viser l'exhaustivité, voici les principales :

- Niveaux de compétence permettant d'effectuer chacune des activités (une notion de productivité peut être introduite dans le calcul de la couverture de la charge de travail pour favoriser la présence des plus compétents durant les périodes de pointe),
- Plages horaires de disponibilité de l'employé et préférences associées,

- Amplitudes et positionnements possibles d'une journée de travail et des pauses associées,
- Durée minimum de repos entre deux jours (et des séquences de jours de repos),
- Nombre minimum et maximum d'heures travaillées sur une période de temps comme une journée, une semaine, un mois ou une année,
- Bornes sur le nombre d'heures affectées à un sous-ensemble d'activités sur certains intervalles de temps (par exemple, le travail de nuit ou travail du dimanche),
- Nombre et placement de certains types de jour (comme les jours de repos), de séquences de certains types de jours (par exemple : 6 jours de travail d'affilés maximum, un week-end de repos toutes les deux semaines ou encore nombre maximum de vacations de nuit d'affilés),
- Équité de la distribution entre employés et à travers le temps de certaines quantités sensibles comme les heures supplémentaires ou les samedis travaillés.

## 1.4 Flexibilité et robustesse

Comme le montre ce qui précède, les problèmes que nous cherchons à résoudre sont très divers. De plus, ils évoluent à la fois dans l'espace (règles liées à une région, organisation, propres à certains sites) et fréquemment dans le temps, suite à des changements organisationnels ou réglementaires. Il est donc impératif que l'outil utilisé soit flexible, en particulier sur les points suivants :

- Gestion des évolutions dans le temps des données, des contraintes et des hiérarchies : omniprésence des dates de validité,
- Ajout possible de contraintes sans remise en cause de la méthode de résolution : le moins possible de limites dans la puissance d'expression du modèle mathématique sous-jacent,
- Possibilité de travailler en mode itératif : recherche de solution complétant une solution partiellement construite à la main (gestion des "fixations" de la part de l'utilisateur).

Le problème peut changer radicalement de nature d'un site à l'autre : la solution est quelquefois utilisée sur plusieurs milliers de sites différents chez un même client. On passe facilement d'un problème ayant une très forte densité de "bonnes" solutions (grosses équipes très compétentes et très disponibles) à des problèmes pour lesquelles une seule bonne solution existe (petites équipes faiblement polyvalentes et peu disponibles).

Plus encore, il est fréquent que le problème posé n'ait pas de solution. Cela est dû soit à des erreurs de saisie soit à une violation consciente de certaines règles par l'utilisateur (en particulier lors des fixations faites en amont de l'optimisation). La solution à mettre en place se doit donc d'être robuste aux conflits éventuels entre les données en proposant une solution tant que faire se peut, tout en garantissant des temps de calcul raisonnables.

La taille des problèmes traités peut être très grande : on peut par exemple avoir à planifier au quart d'heure près sur des dizaines d'activités l'ensemble d'une équipe de plusieurs centaines de personnes sur une année entière.

En résumé, le défi est de concevoir et implémenter un outil et des méthodes permettant de résoudre des problèmes complexes, souvent de grande taille, de structure mal définie et qui souvent n'ont pas de solution !

## 2 Le langage de modélisation

Un composant essentiel de notre outil de planification est son langage de modélisation. En effet, la variabilité des problèmes rencontrés ne permet pas de se contenter d'une approche "boîte à cocher" ou "dictionnaire de contraintes". Il s'agit d'un vrai langage, saisi sous forme graphique, permettant d'exprimer les formules mathématiques reflétant le problème à résoudre. Nous en donnons ici les grandes lignes relatives aux contraintes sur les ressources.

La première étape est de définir les blocs composant le planning. Ces blocs sont emboîtés les uns dans les autres, les blocs d'un niveau se décomposant en une séquence de blocs du niveau inférieur. Ainsi, un planning peut être la concaténation de séquences préétablies de jours de repos et de travail, eux-mêmes composés de blocs possiblement emboîtés les uns dans les autres et finalement constitués d'une séquence de tâches élémentaires. Par exemple, une journée de travail peut être décrite comme le choix entre :

- une journée sans pause composée d'une répétition libre de tâches de type travail de pas plus de 6 heures,
- une journée composée d'une séquence "travail/repas/travail", le bloc travail d'une durée comprise entre 2 et 5 heures composé d'une répétition de tâches travail.

Ainsi, les contraintes sur les agencements possibles des activités dans le temps comme sur l'anatomie d'une semaine ou d'une journée de travail sont prises en compte lors la modélisation des blocs. Celle-ci se fait sous une forme arborescente à l'aide

d'opérateurs formalisant les différentes possibilités de décomposition d'un bloc en une séquence de sous-blocs (opérateurs de choix, de succession, conteneur et de répétition). Il est possible de fixer des bornes sur le début, la fin et l'amplitude de chaque bloc comme sur la distance d'un bloc avec le suivant. On peut également construire des expressions arithmétiques et des contraintes à partir des variables de début et de fin du bloc, et transmettre le résultat d'une expression au père du bloc. Outre les expressions linéaires, le langage permet d'exprimer des opérations complexes comme des fonctions linéaires par morceaux et des opérateurs logiques entre contraintes.

Une contrainte peut être violée parce que, soit elle a été définie comme souple, soit elle a du être relâchée pour trouver une solution. La non-satisfaction d'une contrainte est matérialisée par des variables d'écarts dont la minimisation est ajoutée à la fonction objectif du modèle mathématique, avec une pondération fonction de sa priorité. De plus, ces variables d'écarts peuvent être explicitement référencées dans des contraintes complémentaires.

Les autres composants de l'objectif sont les expressions explicitement déclarées comme devant être minimisées ou maximisées, et des objectifs d'équité d'une expression dans le temps ou bien entre plusieurs ressources.

### 3 Contrôle de la stratégie

La diversité des problèmes devant être résolus impose d'adapter la stratégie de résolution à chaque cas rencontré. Notre outil dispose donc d'un langage de supervision de l'optimisation, permettant au paramétreur de décrire les étapes successives de résolution enchaînant un nombre quelconque d'opérations comme les suivantes :

- Charger en mémoire des données et contraintes du problème de façon agrégée.
- Générer un modèle mathématique correspondant à l'algorithme de résolution choisi et couvrant de façon précise chaque ressource, chaque activité et chaque période de temps de l'horizon demandé. Le champ couvert par le

modèle mathématique peut aussi être modulé par famille de contraintes : règles arithmétiques, fixations manuelles, compétences requises, préférences de plages particulières de travail ou de repos. On peut ainsi définir des relaxations du problème utile à son analyse et sa résolution.

- Inférer des bornes valides sur les variables du problème (propagation).
- Procéder à la vérification de la cohérence des contraintes, et déterminer le cas échéant un nombre minimal de contraintes devant être relâchées pour garantir la satisfiabilité du problème<sup>1</sup>.
- Chercher une solution proprement dite avec l'un de nos composants d'optimisation : MIP (programmation linéaire en nombres entiers), génération de colonnes, PPC (programmation par contraintes), ou encore composant hybride MIP/PPC. Ces différents composants s'appuient sur les bibliothèques d'optimisation ILOG Cplex et ILOG Solver, en utilisant les possibilités d'hybridation de la technologie "ILOG Concert".
- Analyser et exploiter les résultats d'une recherche de solution pour mettre à jour un autre composant d'optimisation.

Il est donc possible de mettre en place des méthodes très variées de résolution par décomposition en ajustant l'ensemble des composants d'optimisation utilisés et leur façon de collaborer.

### 4 Composants de résolution

Une difficulté majeure dans le choix des algorithmes de résolution est la gestion des contraintes non linéaires du problème. Une première approche est de les laisser telles quelles dans un modèle mathématique résolu par une approche hybride MIP/PPC. Une deuxième approche est de linéariser le modèle mathématique<sup>2</sup> pour pouvoir appliquer un solveur MIP pur, voire une méthode de génération de colonnes.

<sup>1</sup>La version actuelle de notre composant de relaxation ne relâche pas toujours les contraintes auxquelles s'attend l'utilisateur du produit. Nous envisageons actuellement de rendre ce module plus paramétrable, par exemple en tenant compte d'un ordre de priorité entre les contraintes, tout en contrôlant autant que possible les temps de calcul.

<sup>2</sup>Les méthodes de linéarisation des contraintes linéaires par morceaux sont similaires à celles exposées dans :

- P. Refalo, 1999, Tight Cooperation and its Application in Piecewise Linear Optimization, Proceedings of 5<sup>th</sup> International Conference CP 99, Springer-Verlag, Alexandria, Virginia, 369-383.
- H. Beringer, B De Backer, 1993, Satisfiability of Boolean formulas over linear constraints, International Joint Conference on Artificial Intelligence, Chambéry, France.

## 4.1 Composant hybride

Notre algorithme hybride permet de gérer un modèle mathématique mixte composé d'une partie linéaire et d'une autre non linéaire, tout deux liées par des variables communes. Cet algorithme est un branch-and-bound classique qui utilise à chaque nœud la méthode du simplexe pour résoudre la partie linéaire, et également des méthodes de propagation de contraintes (PPC) pour vérifier la cohérence de la partie non linéaire et inférer de nouvelles contraintes linéaires<sup>3</sup>. Un soin tout particulier a dû être apporté au développement des règles de propagation pour qu'elle enrichisse utilement le modèle linéaire sans l'alourdir.

## 4.2 MIP et génération de colonnes

Il est possible de demander au composant qui construit le modèle mathématique de transcrire sous forme linéaire toutes les contraintes non linéaires qui apparaissent dans le problème<sup>4</sup>. Le modèle obtenu correspond alors à un pur problème linéaire mixte (MIP) qui est résolu par un branch and bound, soit directement, soit complété par une technique de génération de colonnes.

Le branch and bound simple est utilisé lorsqu'on ne veut pas de placement précis de tâches dans le temps, par exemple quand on décide de volume d'heures par jour.

Quand il s'agit de faire du placement précis d'activité au sein de la journée, le modèle mathématique serait trop volumineux pour être résolu sans mettre en oeuvre une technique de génération de colonnes. Dans ce cas, les contraintes d'effectif sur une activité sont linéarisées en découpant dans le temps la courbe pour donner un ensemble de contraintes associées à chaque segment de temps. Les colonnes générées correspondent dans notre cas à des tâches (affectations Temps-Activité-Personne) aux débuts et fins fixés. Le sous-problème esclave qui effectue le choix des colonnes à rajouter au programme linéaire principal est alors réduit à un simple calcul de plus court chemin dans un graphe<sup>5</sup>. Ce graphe

est construit sur la base d'une segmentation temporelle de l'horizon. De la précision du découpage dépend l'exactitude des résultats et la performance de l'algorithme, d'où la nécessité de le rendre paramétrable. Ainsi, le paramétreur peut demander une subdivision statique par pas de temps fixe (heure ou quart d'heure), ou une subdivision plus dynamique, et par conséquent plus efficace pour le calcul, qui tient compte du contexte, tel les instants de changement de valeur des courbes de charge, et/ou les affectations manuelles, préférences, propriétés de début et fin de shifts.

## Conclusion

TempoSoft a développé un outil aussi flexible, robuste et paramétrable que possible à l'aide d'une architecture logicielle originale et performante. Dans ses versions successives, cette plateforme a permis à des consultants, non spécialistes en recherche opérationnelle, de paramétrer par eux-mêmes les moteurs d'optimisation qui sont utilisés aujourd'hui par plusieurs milliers de personnes pour optimiser et gérer les plannings de leurs équipes.

Notre outil évolue de façon continue afin de toujours mieux répondre aux besoins rencontrés: Actuellement, nous enrichissons le langage de supervision de l'optimisation, afin d'offrir plus de possibilités de collaboration entre les différentes méthodes de résolution. Ainsi, pour chaque problème rencontré, nous pouvons mettre au point de façon empirique une méthode efficace combinant de nombreuses techniques différentes : hybridation MIP/PPC, génération de colonnes et aussi méta-heuristiques diverses faisant appel à des composants PPC ou programmation linéaire.

La famille de problèmes de planification définie ici recouvre un grand nombre d'applications concrètes. Elle offre donc un ensemble de problèmes intéressants et un champ d'expérimentation très large pour les chercheurs en Recherche Opérationnelle.

<sup>3</sup>N. Guerinik et M. Hadjiat. A successful combination of integer linear programming and constraint programming in solving employee-timetabling problem. Conference of the European Chapter on Combinatorial Optimization (2000).

<sup>4</sup>N. Guerinik, M. Hadjiat, G. Beuchard, H. Dancy, D. Gravot, A. Fleischer et E. Birstein, TempoTools: une librairie de modélisation et de résolution de problèmes génériques de planification. 5e Congrès de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2003).

<sup>5</sup>Méthode inspirée entre autres par les travaux suivants:

- G. Desaulniers, J. Desrosiers, Y. Dumas, S. Marc, B. Rious, M.M. Solomon et F. Soumis. Crew pairing at Air France. European Journal of Operational Research (1997).
- N. Guerinik. Partition d'ensemble et Planification de Personnel Navigant aérien. Thèse de doctorat, Laboratoire d'Informatique de Marseille (1998).

## Article invité

# Les Enchères Combinatoires et la Recherche Opérationnelle

Michel Gendreau<sup>1</sup>

michelg@crt.umontreal.ca

### Résumé

Les dernières années ont vu le développement rapide de marchés électroniques basés sur des enchères combinatoires, c'est-à-dire des enchères permettant des mises sur des paquets indissociable d'objets. Cet article fait un rapide survol des principaux défis qui se posent au chercheur opérationnel dans ce contexte.

### Introduction

Depuis les temps immémoriaux, les enchères constituent l'un des mécanismes d'échanges commerciaux les plus usités. Cette popularité est due au fait que les enchères présentent par rapport à d'autres mécanismes divers avantages comme la transparence, une relative équité et, souvent, une plus grande efficacité sur le plan économique. Les dernières années ont vu s'accroître énormément l'utilisation des mécanismes d'enchères en vertu de deux faits importants: d'une part, le développement extrêmement rapide des moyens de communications électroniques, dont notamment l'Internet, qui rendent maintenant possible la tenue d'enchères électroniques à distance impliquant un grand nombre de participants, et, d'autre part, la vague de déréglementation de nombreux biens publics qui nécessite leur adjudication de façon ouverte et équitable à des intérêts privés. On a ainsi eu recours à des enchères pour l'attribution de fréquences radio (McMillan, 1994) et pour l'affectation de plages horaires de décollage et d'atterrissage dans les aéroports (Rassenti, Smith et Bulfin, 1982).

Un grand nombre de ces marchés possèdent une caractéristique importante: les biens transigés sur ceux-ci présentent des relations importantes du point de vue des participants. À titre d'exemple, un voyageur désirant effectuer un déplacement par avion entre des points distants peut avoir à effectuer des correspondances, ce qui implique éventuellement l'achat de plusieurs segments de vol; si ceux-ci sont transigés individuellement, il aura tout avantage à acheter des segments de vol qui, globalement, lui permettront un itinéraire de durée rai-

sonnable, sans périodes d'attente exagérée. À cause de cela, il sera porté à accorder une plus grande valeur (et donc probablement, à payer plus cher) à des segments de vol qui s'agencent de façon heureuse. On distingue deux grandes classes de relations entre les objets transigés: la *complémentarité* et la *substitution*. De façon plus précise, on dira que des objets  $A$  et  $B$  sont *complémentaires* si leur valeur conjointe pour le participant, dénotée  $v(\{A, B\})$  est supérieure à la somme de leurs valeurs individuelles  $v(\{A\}) + v(\{B\})$ . De façon similaire, on dira que  $A$  et  $B$  sont *substituables* si leur valeur conjointe est inférieure à la somme de leurs valeurs  $v(\{A\}) + v(\{B\})$ . L'impact des relations entre les objets transigés sur les stratégies d'échange des participants dépendra du *modus operandi* des marchés. Revenant à notre exemple du voyageur, si celui-ci fait face à un ou plusieurs marchés (électroniques) où les segments de vol sont vendus individuellement par le biais d'enchères parallèles simultanées, il devra être attentif, quand il placera ses mises pour divers segments, à plusieurs éventualités: il pourrait se retrouver bredouille et ne pas obtenir les segments nécessaires à la réalisation de son itinéraire; il pourrait aussi se retrouver avec des segments qui s'agencent mal et pour lesquels il aurait payé trop cher. On désigne sous le terme de *problème d'exposition* (en anglais, *exposure problem*) la situation découlant d'un tel état de fait. En pratique, les participants confrontés à ce genre de situation réduisent leurs mises de façon *stratégique* afin de se protéger, ce qui rend les marchés inefficaces sur le plan économique et peut grandement limiter les échanges. Pour pallier à cette difficulté, qui est maintenant bien connue, de nombreux marchés permettent dorénavant à leurs participants de placer des mises dites *combinatoires*, c'est-à-dire des mises pour des *paquets* d'objets considérés indissociables. Ainsi, notre voyageur pourrait proposer un prix pour une séquence de vols assurant son déplacement, sans risquer de se retrouver dans la situation où seulement une partie de ces vols lui serait attribuée. Cette façon de procéder présente de nombreux avantages pour les participants, mais

<sup>1</sup>Département d'informatique et de recherche opérationnelle et Centre de recherche sur les transports - Université de Montréal - Case postale 6128, Succursale "Centre-ville", Montréal, Canada H3C 3J7



elle complique aussi significativement les processus d'enchères (qui sont alors dites *combinatoires*). Par ailleurs, elle a aussi pour effet, comme nous le verrons dans la suite, de faire entrer l'étude des mécanismes d'enchères dans le domaine de la recherche opérationnelle. Le but de cet article est précisément de faire un bref survol de plusieurs défis importants qui se posent pour le chercheur opérationnel dans le contexte des enchères combinatoires. Cet article résume un texte complet sur ces sujets que le lecteur est invité à consulter (Abrache, Crainic et Gendreau, 2002).

## Le Problème d'Adjudication

Le problème d'*adjudication* (en anglais, *winner determination problem*), qui consiste à déterminer à quels participants les objets mis aux enchères devraient être attribués et à quel prix, est très facile à résoudre dans une enchère simple portant sur un seul objet: il suffit d'attribuer le dit objet à la mise la plus intéressante (la mise la plus élevée dans le cas habituel d'une enchère directe). La situation est complètement différente pour les enchères combinatoires. En effet, même dans le cas le plus simple où un vendeur vise à maximiser les revenus tirés de la vente d'un ensemble d'objets uniques indivisibles et où les acheteurs paient un montant égal au prix misés pour les objets qui leur sont attribués, il faut résoudre un programme en nombres entiers pour choisir la combinaison de mises gagnantes. Ce problème peut être formulé comme suit.

Soit  $G$  un ensemble de  $m$  objets indivisibles à vendre à  $n$  acheteurs potentiels. Les mises peuvent être exprimées sous la forme de couples  $(S, p_{j,S})$ , où  $S \subset G$  et  $p_{j,S}$  est le prix que l'acheteur  $j$  est prêt à payer pour le sous-ensemble d'objets  $S$ . Pour maximiser les revenus du vendeur, il faut déterminer la famille  $S^*$  de sous-ensembles disjoints de  $G$  de poids maximal. Ce problème est, bien entendu, NP-difficile (Rothkopf, Pekeç et Harstad, 1998).

En fait, la situation complète est plus compliquée, car on peut définir plusieurs types différents d'enchères combinatoires qui peuvent être caractérisées par divers attributs, dont notamment:

- la *nature* des objets transigés; on distingue ainsi les *biens indivisibles* qui doivent être attribués à un seul participant des *biens divisibles* qui peuvent être fractionnés de façon continue;
- le *nombre* disponible de chaque objet;
- le *rôle* des participants; chaque participant est-il uniquement acheteur ou vendeur? Y a-t-il un seul acheteur ou un seul vendeur

(enchères *unilatérales*) ou, au contraire, plusieurs acheteurs et vendeurs (enchères *multilatérales*)?

- l'*objectif* visé (p.e., maximisation des revenus du vendeur *versus* maximisation du surplus collectif);
- la *complexité* des mises des participants;
- les *règles de fonctionnement* de l'enchère.

La chose importante à retenir, c'est que pour chaque combinaison de ces attributs (ainsi que de certains autres que nous n'avons pas mentionnés), on devra formuler un programme mathématique pour résoudre le problème d'adjudication. Dans la vaste majorité des cas, ce programme sera de nature combinatoire, et donc NP-difficile, une exception notable étant le cas d'enchères peu complexes de biens divisibles qui se ramène à un programme linéaire. Il est aussi intéressant de souligner le cas des *enchères sur des réseaux*, où les biens transigés correspondent à des affectations de capacité entre des sommets d'un réseau, ce qui peut être généralement formulé sous la forme de problèmes de flot à coût maximum ou minimum pour lesquels on peut souvent appliquer des algorithmes spécialisés.

## Les Langages de Mises

Un des aspects les plus intéressants des enchères combinatoires est celui de l'expression des préférences des participants. En effet, dans un contexte combinatoire où de nombreux objets sont transigés simultanément, un participant peut être intéressé par différentes combinaisons de ces objets, mais pas à n'importe quelles conditions. Revenant une fois de plus à notre exemple du voyageur désirant acheter des billets d'avion pour se déplacer entre deux points, il pourrait y avoir plusieurs itinéraires acceptables pour réaliser son déplacement; qui plus est, le prix qu'il est prêt à payer pour chaque itinéraire pourrait différer (dans le contexte de la formulation présentée auparavant, cela revient à dire qu'il y a plusieurs sous-ensembles  $S$  de segments de vols qui l'intéressent). Ce voyageur pourrait évidemment tenter d'acquérir séquentiellement par le biais de mises combinatoires un sous-ensemble de segments  $S_1$ , puis un second  $S_2$  s'il n'a pu obtenir  $S_1$  et ainsi de suite. Ceci risque cependant de mener à une attribution sous-optimale des places sur les segments de vol. Il serait plus efficace de permettre au voyageur d'indiquer clairement, et en seul énoncé, l'ensemble de ces préférences, à savoir qu'il désire acquérir  $S_1$  ou  $S_2$  ou  $S_3$  ou ..., mais seulement une seule de ces combinaisons (il s'agit donc de "ou" exclusifs). Les langages de mises visent à remplir

cet objectif en définissant des syntaxes riches dans lesquelles les participants peuvent exprimer de façon précise les combinaisons d'objets intéressantes pour eux, le prix qu'ils sont prêts à payer pour chacune d'entre elles, ainsi que diverses conditions ou contraintes supplémentaires qui peuvent s'appliquer. Nisan (2000) a été le premier auteur à aborder de façon systématique la définition d'un tel langage et à discuter des principales caractéristiques d'un bon langage, à savoir l'*expressivité* et la *simplicité*. D'autres auteurs ont par la suite présentés des langages plus complexes, dont notamment Boutilier et Hoos (2001) et Abrache et al. (2002).

## Les Enchères Multi-rondes

Une grande partie des marchés reposant sur des enchères combinatoires fonctionnent par rondes successives durant lesquelles les participants peuvent raffiner leurs mises de façon à s'assurer d'obtenir les biens qu'ils désirent au meilleur prix. Cette façon de faire a l'avantage de permettre aux participants de s'ajuster aux réalités du marché sans avoir à révéler trop d'information privée, ce qu'ils répugnent habituellement à faire. Une des grandes questions dans ce contexte est de savoir quelle information doit être transmise aux participants après chaque ronde. Une discussion approfondie de ce sujet dépasse nettement le cadre de cet article, mais il est intéressant de souligner que l'une des avenues les plus prometteuses pour l'aborder repose sur l'analogie que l'on peut établir entre les mécanismes d'enchères multi-rondes et les techniques de décomposition en programmation mathématique. Encore là, le chercheur opérationnel a un rôle évident à jouer.

## Les Auteurs

Un des plus grands obstacles à l'utilisation plus répandue des enchères combinatoires dans divers contextes où elles auraient tout à fait leur place, est le fait qu'elles exigent des participants, notamment dans les situations où ceux-ci doivent transiger sur plusieurs marchés à la fois, un effort significatif pour apprécier correctement les choix qu'ils leur sont offerts et élaborer des *stratégies* de mise en conséquence. À cause de cela, il paraît essentiel de développer pour les participants des outils d'aide à la décision spécialisés leur permettant de mettre correctement en relation les situations auxquelles ils font face sur les marchés avec leurs processus de planification et de gestion. À notre connaissance, l'élaboration de tels outils en est encore au stade des balbutiements (voir cependant Chang, Crainic et Gendreau, 2002), mais il s'agit d'un des domaines

les plus prometteurs d'application de la recherche opérationnelle aux nouveaux marchés électroniques.

## Conclusion

Les marchés électroniques reposant sur des mécanismes d'enchères combinatoires sont actuellement en pleine expansion. Les sujets que nous avons rapidement abordés dans cet article démontrent clairement qu'il existe plusieurs défis des plus intéressants que les chercheurs opérationnels se doivent de relever pour en assurer le plein développement.

## Références

Abrache, J., Bourbeau, B., Crainic, T.G., et Gendreau, M. (2002), "A New Bidding Framework for Combinatorial E-Auctions", Publication CRT-2002-19, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, Canada. Aussi dans Proceedings of the 5th International Conference on Electronic Commerce Research (ICECR-5), CDROM, Centre de recherche sur les transports, Montréal, Canada, 2002. À paraître dans Computers & Operations Research.

Abrache, J., Crainic, T.G., et Gendreau, M. (2002), "Design Issues for Combinatorial Auctions", Publication CRT-2002-02, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, Canada. À paraître dans 4OR.

Boutilier, C., et Hoos, H.H. (2001), "Bidding Languages for Combinatorial Auctions", Proceedings of the 17th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-01), 1211-1217.

Chang, T.-S., Crainic, T.G., et Gendreau, M. (2002), "Dynamic Advisors for Freight Carriers for Bidding in Combinatorial Auctions", Proceedings of the 5th International Conference on Electronic Commerce Research (ICECR-5), CDROM, Centre de recherche sur les transports, Montréal, Canada, 2002.

McMillan, J. (1994), "Selling Spectrum Rights", Journal of Economic Perspectives 8, 145-162.

Nisan, N. (2000), "Bidding and Allocation in Combinatorial Auctions", Proceedings of the ACM Conference on Electronic Commerce, ACM 2000, Minneapolis, MN, pp. 1-12.

Rassenti, S.J., Smith, V.L., and Bulfin, R.L. (1982), "A Combinatorial Auction Mechanism for Airport Time Slot Allocation", Bell Journal of Economics 13, 402-417.

Rothkopf, M.H., Pekeč, A., et Harstad, R.M. (1998), "Computationally manageable combinatorial auctions", Management Science 44, 1131-1147.

## Article invité

# Tabu Algorithm on a Saturated and Consistent Neighborhood for Selecting and Scheduling Photographs of Agile Earth Observing Satellite

Djamal Habet & Michel Vasquez<sup>1</sup>  
{Djamal.Habet, Michel.Vasquez}@ema.fr

## 1 Introduction

The mission of an Earth Observing Satellite (EOS) is to acquire photographs on the Earth surface. The management problem of an EOS is to select and schedule a subset of weighted images among a set of candidate ones which must satisfy imperative constraints and at the same time maximize a given profit function.

The new generation of EOS, like those studied in the French PLEIADES project, are *Agile* Earth Observing Satellites (AEOS). Indeed, the satellite is mobile on three axes (roll, pitch and yaw) while the unique on-board camera remains fixed. This mobility gives rise to a better efficiency of the system. In fact, since the azimuth and the starting time of an image acquisition are free, there is potentially infinite number of possibilities to acquire a given area. However, managing an AEOS is significantly more difficult due to a very sized search space.

The AEOS management problem is NP-hard [?]. To solve it, four methods are investigated in [?]: a fast greedy algorithm, a dynamic programming algorithm, a constraint programming method, and a local search algorithm based on insertion and removal of images in a schedule. The selection and scheduling problem for a non-agile satellite, like SPOT5, is stated in [?] and some methods are dedicated to solve it. The best results are obtained in [?] by using a tabu search, and very good upper bounds are calculated by an original partition method [?]. A scheduling problem involving a satellite equipped with a radar instrument, very agile on the pitch axis but slow on the roll axis, is stated and solved in [?] by a partial enumeration algorithm.

In this paper, we propose a tabu algorithm, hybridized with a systematic search in terms of partial enumerations, to solve the problem of selecting and scheduling the photographs of an AEOS. Our tabu search is based on a consistent and saturated neighborhood. This leads to treat only consistent configurations by checking constraint consistency.

The paper is organized as follows. Starting by a description of the AEOS management problem, the components of our resolution approach are detailed in Sections 3 to 5. The experimental results are shown in Section 6. Finally, we conclude and give some future works.

## 2 Description of the AEOS management Problem

An observation *request* concerns some specified areas of the Earth surface. These areas are modelled by *polygons*. Each polygon is transformed into a set of contiguous *strips* covering the request. A strip has a *duration* and a *validity period*, and it can be acquired using two opposite azimuths, *direct* and *indirect*, according to the satellite rotation sense. Moreover, a request can be *stereoscopic* where the selected strips must be acquired twice with the same azimuth, and two successive image acquisitions require a *transition manoeuvre duration*.

The input of an AEOS management problem is a set of candidate strips, from the current set of requests, that could be acquired. The problem to deal with is twofold: one must select a set of strip acquisitions and one must order them in time. Formally, the problem can be described as follows:

**- Input data:** Let  $R$  be the set of polygons (requests). For each  $r \in R$ , let  $G_r$  be its total gain reflecting its importance,  $A_r$  its surface area, and  $S_r$  its type (0 for a mono request and 1 for a stereo one).  $B$  is the set of the strips associated with  $R$ . Each strip can be acquired by two azimuths, then the resulting set of candidate images  $U$ , where  $|U| = 2 \times |B|$ . For each candidate image  $u_i \in U$ , let  $E_i$  and  $L_i$  be its earliest and latest starting time respectively, and  $Du_i$  and  $Au_i$ , its duration and productive surface area respectively. For two images  $u_i$  and  $u_j$ ,  $M_{ij}$  is the positive transition

<sup>1</sup>Alès School of Mines, EERIE Site, LGI2P Research Center, Parc Scientifique Georges Besse, 30035, Nimes cedex 01, France

duration from the end of  $u_i$  to the beginning of  $u_j$ . Finally, a strip  $i$  is represented by the image pair  $(u_i, u_{i'})$  (opposite azimuths), and  $S$  is the set of the stereoscopic image couples.

- **Decision variables:** In this statement, three sets of decision variables are used: one for the selected set of images, one other gives their order in the schedule, and the last one for the starting times of their acquisitions. For each  $u_i \in U$ , let  $x_i$  be 1 if  $u_i$  is selected, 0 otherwise, and  $t_i$  be the acquisition starting time of the image  $u_i$ , if selected.

- **Constraints:** Here are the constraints which define feasible schedule:

- (1) Visibility time window:  $\forall u_i \in U : (x_i = 1) \rightarrow (E_i \leq t_i \leq L_i)$ ,
- (2) Non-Overlapping:  $\forall u_i, u_j \in U$ , such as  $u_j$  follows  $u_i$ :  $(t_i + Du_i + M_{ij} \leq t_j)$ ,
- (3) Strip acquisition unicity:  $\forall (u_i, u_{i'}) \in B : x_i + x_{i'} \leq 1$ ,
- (4) Stereo Acquisition: for each pair  $(i, j)$  of stereo strips, such as  $i=(u_i, u_{i'})$  and  $j=(u_j, u_{j'})$ :  $x_i = x_j$  and  $x_{i'} = x_{j'}$ .

The constraints (1) and (2) are time constraints. The constraint (3) imposes the acquisition of only one image per strip, and (4) enforces constraints on stereoscopic images.

- **Quality criterion:** The criterion to maximize is a gain function,  $G$ . It is defined by the sum of gains associated with the complete or partial acquisition of each request:  $G = \sum_{r \in R} G_r \cdot P(f_r)$ .  $P$  is a non-linear function defined on the interval  $[0, 1]$ , and linear through the points  $(0, 0)$ ,  $(0.4, 0.1)$ ,  $(0.7, 0.4)$ , and  $(1, 1)$ .  $f_r$  is the acquired surface fraction of the request  $r$  defined by:  $f_r = \sum_{i \in r} (Au_i \cdot x_i) / A_r$ .

The AEOS management can be viewed as the Vehicle Routing Problem with Time Windows [?], but has different features increasing its difficulty, namely: the non-linear objective function, the stereo constraints, and the imposed time windows. In this paper, we consider the AEOS management problem as an optimization problem under constraints.

In order to tackle quickly the selection and scheduling photographs of an AEOS, local search methods are well suggested and a Tabu Search (TS) [?] is chosen. Our tabu algorithm is inspired from a tabu resolution methodology, presented in [?], working on a consistent neighborhood. Furthermore, it is bridged with a systematic resolution by the way of partial enumerations. In the next sections, the different phases of our tabu algorithm are presented.

### 3 Saturated and Consistent Neighborhood

Let be a configuration  $s = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ ,  $|s| = n \leq |B|$ , a set of scheduled images,  $G(s)$  its total gain, and  $U^-$  the set of images not yet instantiated or free.  $s$  is a *partial* configuration where not all images are acquired. This partial configuration is *consistent*: it satisfies all the problem constraints. Furthermore, the optimal schedule is *saturated* where any new insertion is impossible. This saturation is one of the optimal solution characteristics. Keeping in mind this feature, a configuration is also saturated if adding a new image needs to remove some others. The set of configurations so reached from  $s$  defines its neighborhood, noted  $\mathcal{N}(s)$ , which is consistent and saturated.

$\mathcal{N}(s)$  is evaluated according the gain criterion. In this aim, each free image  $u_j \in U^-$  is treated as follows:  $u_j$  can be possibly inserted in  $s$  through  $n + 1$  positions : before  $u_1$ , between  $u_i$  and  $u_{i+1}$  ( $1 \leq i \leq n - 1$ ), or after  $u_n$ . Hence, the insertion of  $u_j$ , in each of the  $n + 1$  positions, is tested by allowing successive image removals. Those removals result from constraint inconsistency. However, a maximum of two image removals is authorized, extended to four in case of stereo images (to keep stereo constraint consistency, if a stereo image is removed then its twin is removed too). Hence, at each step of TS, we solve the decision problem of finding the best insertion position of  $u_j$  in  $s$  according to the gain function, and the insertion tests correspond to partial enumerations under  $s$ . To overcome the complexity of this decision problem, incremental computing principles are used.

Moreover, if  $u_j$  is stereoscopic then its twin is treated in the same way by starting tests from the insertion position of  $u_j$ . The new configuration  $s'$ , obtained by inserting  $u_j$  at the position  $p_k$  and removing the possible conflicting images from  $s$ , is evaluated by  $\Delta g(u_j, p_k) = G(s') - G(s)$  expressing the gain variation. To summarize, the neighborhood evaluation phase returns for each free image, the best position maximizing the variation of the quality criterion.

### 4 Move Heuristic and Tabu List Management

Before stating the move heuristics, tabu parameters must be defined. The role of a *tabu list* is to prevent short-term cycling. In this order, when an

image  $u_i$  is selected and scheduled, it is classified tabu (forbidden for any change) for a certain time called the *tabu tenure*. In our algorithm, this tenure is formulated by:  $tabu(u_i) = iter + \alpha \cdot freq(u_i)$ , where  $iter$  is the current iteration number of the tabu process,  $freq(u_i)$  is the number of the instantiations of the image  $u_i$ , and  $\alpha$  a variable parameter. Furthermore, an image sequence is said tabu if all its images are tabu, and not tabu otherwise. In an other hand, the direct azimuth corresponds to the natural moving direction of the satellite and changing azimuth between two images is very costly in term of transition time. Consequently, the acquisitions in direct azimuths are stated to be better than indirect ones. This empiric preference is expressed by setting  $\alpha = 2 \cdot \beta$  for the image acquired in a direct azimuth, and  $\alpha = \beta$  for the indirect one.

Once the neighborhood is evaluated, the selected image (move) is this maximizing the gain variation and did not remove a sequence of tabu images. Then, the image is inserted, its tabu tenure is updated, and the constraints are propagated. However, if a move improves strictly the best gain, an *aspiration criterion* is employed to cancel the tabu status.

Note that some moves may have a same gain value. In this case and to make a better choice, a hierarchical objective function is defined by the minimization of the sum of transition durations between image acquisitions,  $M(s) = \sum_{j=0, \dots, |s|-1} M_{j, (j+1)}$ , where  $M_{j, (j+1)}$  is the transition duration between the acquisition of an image  $u_j$  and its successor  $u_{j+1}$ . Hence, if a set of candidate moves leads to a same total gain, the insertion minimizing  $M(s')$ , where  $s'$  is the resulted configuration after insertion, is selected. Otherwise, if all these moves have the same  $M(s')$  value then one of them is randomly selected.

## 5 Global Tabu Resolution

According to the statements before, the adopted resolution follows the steps below:

- **Initialization:** It consists on setting all the tabu tenures of images to 0 and the  $\beta$  parameter to a given positive value. Moreover, a first consistent configuration is obtained by a fast greedy algorithm which constructs a random schedule without considering the gain criterion.

- **Tabu Exploration:** At each iteration, the current neighborhood is evaluated by partial enumerations, a move is selected then the tabu parameters are updated, the constraints are propagated, and if the best gain  $g^*$  is improved the corresponding best configuration is saved in  $s^*$ .

- **Smoothing:** While the images are not all tabu moves are repeated. Otherwise, the second optimization problem, the minimization of the sum of transition durations in  $s^*$ ,  $M(s^*)$ , is treated. In this aim, by inverting their azimuths, the image orders in  $s^*$  are exchanged to get the *shortest schedule* in terms of transition duration. These exchanges are performed by a second tabu algorithm: each image in  $s^*$  is removed and its azimuth is inverted. Then, it is tried to be inserted at a new position (by keeping constraints consistency and without any image removal) which reduces the  $M(s^*)$  value. Finally, this image coupled to its new position is stated tabu, and the exchanges are repeated until all the couples (*image, position*) are tabu. The minimization of  $M(s^*)$  is called *smoothing phase*. Accordingly, if  $s^*$  is smoothed then all the image tabu status are cancelled and a tabu exploration is restarted from the smoothed solution. This phase is important. Indeed, when it is achieved successfully, an image insertion, without any removal, may happen improving strictly the gain.

- **Diversification:** If  $M(s^*)$  cannot be minimized, a diversification phase is introduced in order to escape from the attractive zones of the search space. It is performed by decreasing the  $\beta$  value, and if  $\beta \neq 0$  then all the tabu status are cancelled and the tabu exploration is restarted from the best solution  $s^*$ . Otherwise ( $\beta = 0$ ), the greedy algorithm gives a new starting configuration and the exploration is repeated from first.

## 6 Experimental Results

The performances of our tabu resolution are evaluated on the benchmarks<sup>2</sup> provided by the CNES<sup>3</sup> and ONERA<sup>4</sup> French space agencies. The tabu algorithm is developed in the C language and compiled with CC compiler under a Sun-Blade-1000 750Mhz/512MO workstation.

<sup>2</sup> Available from the WEB site: [www.prism.uvsq.fr/~vdc/ROADEF/CHALLENGES/2003](http://www.prism.uvsq.fr/~vdc/ROADEF/CHALLENGES/2003)

<sup>3</sup> Acronym of "Centre National d'Etudes Spatiales"

<sup>4</sup> Acronym of "Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales"

Inst. A	B	S	$g^*$	Inst. B	B	S	$g^*$	Inst. X	B	S	$g^*$
2 9 36	2	0	10423440	2 21 140	420	58	1006436454	2 28 111	408	68	867428330
2 9 66	7	0	115710959	2 21 155	472	55	1121670540	2 28 140	379	57	833286609
2 13 111	106	12	558385351	2 21 170	450	71	906723870	2 28 155	470	78	932560330
2 15 170	295	39	716817881	2 21 22	455	54	115960247	2 28 170	468	78	927955418
2 26 96	483	63	985763300	2 21 37	477	62	944706360	2 28 37	522	88	942451230
2 27 22	534	67	966643460	2 21 7	410	49	842378700	2 28 66	375	60	924703269
2 9 170	25	4	191358231	2 21 81	436	59	977684410	2 28 7	428	59	977811340
3 25 22	342	113	425983220	2 21 96	437	49	1096823240	2 28 81	446	69	857252940
3 8 155	28	10	121680360	3 21 155	295	105	460196570	3 28 155	305	112	462070340
4 17 186	147	48	185406200	3 21 81	283	88	373553350	3 28 96	292	100	458107362

TAB. 1: Obtained gains in 300 seconds.

In table 2, the column  $g^*$  corresponds to the gain values obtained by our tabu algorithm (the  $\beta$  value is initialized to the number of the acquired images in the direct azimuth, in the scheduled returned by the greedy algorithm).

Regarding to the obtained gains, the reference values, also provided by the CNES and ONERA agencies<sup>1</sup>, are very significantly improved.

## 7 Conclusion

In this paper, we have proposed a tabu algorithm to solve the selection and scheduling photographs of an AEOS. This problem is stated as a constrained optimization problem where the evaluation function, to be maximized, is convex which increases the problem hardness. The main specificities of the tabu algorithm are the search space based on partial and saturated configurations, and the use of partial enumerations to solve a several number of decisional problems. Moreover, to get a better resolution, a hierarchical problem is introduced which is the minimization of the sum of the transition durations in a schedule, and a second tabu algorithm tackles it. Our resolution have shown its efficiency and the obtained results are very promising.

As future works, the stereoscopic constraint must be handled efficiently. Indeed, this constraint, consuming much computing time, increases the problem difficulty, and unfortunately the portion of the stereo image in solutions is generally very small. Furthermore, a complete algorithm to manage an AEOS is difficult to design. Hence, the optimal values remain unknown. To overcome this weakness, we will improve the tightness of the upper bounds. Indeed, first upper bounds are obtained by a dynamic programming algorithm [?], which is based on the linearity of the polygon evaluation function, and the relaxation of the constraints (3) and (4).

## Références

- [1] E. Bensana, M. Lemaitre, and G. Verfaillie. Earth observation satellite management. *In Constraints: An International Journal*, pages 4(3):293–299, 1999.
- [2] F. Glover and M. Laguna. *Tabu Search*. Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [3] S. A. Harrison and M. E. Price. Task scheduling for satellite based imagery. *In Proceedings of the 18th Workshop of UK Planning and Scheduling Special Interest Group*, pages 64–78, 1999.
- [4] N. Kohl and O. B. G. Madsen. An optimization algorithm for the vehicle routing problem with time windows based on lagrangean relaxation. *Operations Research*, 45:395–406, 1997.
- [5] M. Lemaitre, G. Verfaillie, F. Jouhaud, J. M. Lachiver, and N. Bataille. Selecting and scheduling observations of agile satellites. *Aerospace Science and Technology*, pages 367–381, Volume 6, Issue 5, September 2002.
- [6] M. M. Solomon and J. Desrosiers. Time window constrained routing and scheduling problems. *Transportation Sci* 22, pages 1–13, 1998.
- [7] M. Vasquez, D. Habet, and A. Dupont. Neighborhood design by consistency checking. *In the Proceedings of the First International Workshop on Heuristics*, pages 4:19–27, 2002.
- [8] M. Vasquez and J. K. Hao. A logic-constrained knapsack formulation and a tabu algorithm for the daily photograph scheduling of an earth observation satellite. *In Journal of Computational Optimization and Applications*, pages 20(2):137–157, 2001.
- [9] M. Vasquez and J. K. Hao. Upper bounds for the spot5 daily photograph scheduling problem. *In Journal of Combinatorial Optimization*, pages 7:87–103, 2003.

## Activités de la ROADEF

---

### Dernier appel à candidature **Prix Robert Faure**

Quatrième édition

<http://www.roadef.org>

### Objectif

Institué en hommage au professeur Robert Faure, pionnier de la R.O., ce prix vise à encourager une contribution originale dans le domaine de l'Aide à la décision et la Recherche Opérationnelle. Une attention particulière sera accordée aux travaux qui allient le développement des méthodes théoriques aux applications, ceci dans l'esprit de l'œuvre de Robert Faure.

### Composition du Jury 2003

Jean Abadie (RAIRO R.O.), Jacques Bernier (EDF (à la retraite)), Alain Billionnet (IIE-CNAM - Président du jury), Alexandre Caminada (France Telecom R&D, Belfort), Stéphane Dauzères-Pérès (Ecole des Mines de Nantes), David De Almeida (SNCF, Paris), Dominique De Werra (EPFL, Lausanne), Olivier Du Merle (Air France, Paray-Vieille-Poste), Gerd Finke (IMAG, Grenoble), Claire Hanen (Université Paris 10), Jin-Kao Hao (Université d'Angers), Bernard Lemaire (Cnam, Paris), Claude Le Pape (ILOG S.A., Gentilly), Philippe Mahey (Université de Clermont-Ferrand), Philippe Michelon (Université d'Avignon), Michel Minoux (Université Paris 6), Patrice Perny (Université Paris 6), Arnaud Renaud (Artelys, Issy-les-Moulineaux).

### Comité d'organisation 2003

Le bureau de la ROADEF : Arnaud Fréville, Marie-Christine Costa, Eric Gourdin, Van Dat Cung, Anass Nagih, Philippe Baptiste.

### Condition de candidature

Ce concours s'adresse à de jeunes chercheurs, ayant adhéré à la ROADEF au moment du dépôt de dossier, âgés d'au plus 35 ans au 31 décembre 2002. Les candidats établiront un dossier constitué d'un curriculum vitae, d'une note de synthèse présentant les thèmes abordés et les résultats obtenus les plus significatifs, en particulier sur des problèmes industriels, ainsi qu'un échantillonnage de leurs principales publications (les exemplaires de thèse ou d'HDR ne sont pas utiles, les rapports correspondants suffisent). Les dossiers, en triple exemplaire, devront parvenir au Jury, avant le **15 juillet 2003**, à l'adresse ci-dessous (ils pourront être retournés aux candidats sur demande).

**Alain BILIONNET**  
« **Prix Robert FAURE** »  
**IIE - Institut d'Informatique d'Entreprise**  
**18, allée Jean Rostand**  
**91025 EVRY Cedex**

### Récompenses

Le lauréat du prix se verra décerner un diplôme et remettre une somme de 1600 euros. En outre, d'autres prix ou accessits pourront être décernés aux candidats dont les travaux auront retenu l'attention du jury. Les prix et accessits seront remis à l'occasion d'une cérémonie officielle lors d'une manifestation organisée par la ROADEF.

## Activités de la ROADEF

### Groupes de travail

Annonce

#### 7<sup>e</sup> Journée Francilienne de Recherche Opérationnelle

Thème : Approximation polynômiale

**27 juin 2003**

Université Paris - Dauphine

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

Annonce

#### 8<sup>e</sup> Journée du groupe de travail sur **la Programmation Mathématique MultiObjectifs (PM2O)**

Thème : Optimisation Multicritère, Aide à la Décision et Robustesse

13 et 14 novembre 2003.

<http://www.li.univ-tours.fr/pm2o>; <http://www.roadef.org/>

Annonce

#### Prochaine journée du groupe de travail **META**

Thème : l'optimisation par essaim particulaire

**2 octobre 2003**

Paris - Carré des Sciences

[http://www.particleswarm.net/ope\\_2003/](http://www.particleswarm.net/ope_2003/); <http://www.roadef.org/>

## 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](mailto:president@roadef.org) : Arnaud Fréville
- [secetaire@roadef.org](mailto:secetaire@roadef.org) : Marie-Christine Costa
- [tresorier@roadef.org](mailto:tresorier@roadef.org) : Éric Gourdin
- [vpresident1@roadef.org](mailto:vpresident1@roadef.org) : Van-Dat Cung (les journées industrielles et les relations internationales)
- [vpresident2@roadef.org](mailto:vpresident2@roadef.org) : Anass Nagih (le bulletin)
- [vpresident3@roadef.org](mailto:vpresident3@roadef.org) : Philippe Baptiste (le site web : <http://www.roadef.org/>)

Pour écrire à l'ensemble du bureau, vous pouvez utiliser l'adresse : [bureau@roadef.org](mailto:bureau@roadef.org)

### Relations internationales

- Correspondant EURO : Philippe Baptiste et Van-dat Cung
- Correspondant IFORS : Arnaud Fréville et Stéphane Dauzère-Peres



## Vie de l'association

### Assemblée Générale Ordinaire de la ROADEF

26 février 2003

Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse

Compte rendu

par Marie-Christine Costa

Soixante et onze membres sont présents munis de treize procurations.

Arnaud Fréville préside et prend la parole pour présenter les activités du bureau au cours de l'année 2002 et le bilan de trésorerie. Pour le détail des points abordés nous renvoyons aux transparents présentés lors de l'AGO et disponibles sur le serveur de l'association. L'assemblée approuve à l'unanimité et donne le quitus au trésorier.

Arnaud Fréville rend compte du vote électronique concernant le montant des cotisations 2003. Les cotisations augmenteront légèrement pour prendre en compte l'envoi de la revue 4'OR : la décision a été prise avec 71 OUI sur 76 votes exprimés. En revanche, elles resteront stables en 2004 : l'assemblée approuve cette décision.

Arnaud Fréville présente ensuite les activités futures. 2003 sera l'année du prix Robert Faure dont Alain Billionnet sera président. Van-Dat Cung va lancer un nouveau challenge. L'assemblée approuve la création de deux nouveaux groupes de travail :

« Méta » et « Contraintes et RO ». Une journée industrielle est annoncée à Montluçon en avril. Une école d'été (EURO) et une école d'automne (AS CNRS) sont programmées. Marc Demange présente l'action RO inter GDR qui est un succès et mobilise de nombreux chercheurs de notre discipline. FRANCORO aura lieu en Suisse en 2004 et il n'y aura pas de conférence ROADEF. Un appel est fait pour l'organisation de ROADEF 2005.

La revue 4'OR est née et le premier numéro sera envoyé très prochainement. Un appel est fait aussi bien aux auteurs qu'aux lecteurs pour aider à son développement.

Le conseil d'administration doit être renouvelé pour 2004 et 2005. Un appel à candidature est lancé. Les procédures de vote sont rappelées et le calendrier des élections est approuvé par l'assemblée à l'unanimité.

Arnaud Fréville conclut en montrant le dynamisme de l'association et en invitant l'assemblée à la visite du palais des Papes.

### Élection du nouveau bureau de la ROADEF

compte rendu du vote électronique

par Arnaud Fréville

Vous avez été 58 à retourner votre bulletin de vote, sur les 114 membres 2003 répertoriés à la date du 18 avril 2003.

Une seule liste était candidate, proposant

- Marie-Christine COSTA comme présidente
- Jean-Charles BILLAUT comme secrétaire
- David DE ALMEIDA comme trésorier
- Eric SANLAVILLE comme VP1
- Safia KEDAD-SIDHOUM comme VP2
- Christian ARTIGUES comme VP3

Sur les 58 votes exprimés: 58 OUI, 0 NON et 0 NULS.

Marie-Christine et ses colistiers sont donc élus pour un mandat de 2 ans, prenant effet lors de la prochaine AG de janvier/février 2004.

Je leur présente toutes mes félicitations et le bureau sortant les accueillera dès la rentrée septembre 2003 pour assurer la continuité des activités de notre association.

Je tiens à présenter toutes mes excuses aux quelques collègues ayant adhéré avant la date butoir du 18 avril et qui malheureusement n'ont pas reçu le matériel de vote en temps et en heure, dysfonctionnement qui n'entache heureusement pas le dépouillement effectué le 23 mai.

## Manifestation parrainée par la ROADEF

Appel à soumission

### École d'automne de Recherche Opérationnelle

Tours - École Polytechnique de l'Université de Tours

du 28 au 31 octobre 2003

<http://www.antsearch.univ-tours.fr/earo/>; <http://www.roadef.org>

billaut@univ-tours.fr

Cette école d'automne a pour objectif de rassembler une grande partie de la communauté française de Recherche Opérationnelle : enseignants, chercheurs débutants ou confirmés, doctorants. Des tutoriaux de deux heures sont proposés, auxquels sont associés des exposés plus courts, de jeunes chercheurs, dans le domaine du tutorial. Chaque demi-journée est organisée de la façon suivante : un exposé tutorial de deux heures, suivi d'une pause, et d'une session d'une heure composée d'exposés en rapport avec le tutorial (les exposés de doctorants seront privilégiés). Plus précisément, trois thèmes sont abordés par paires de demi-journées : l'optimisation combinatoire (OC), l'ordonnancement (Ordo) et l'aide à la décision (AD). Des actes se-

ront édités.

La soumission d'exposés se fera sous forme d'article court (environ 6 pages, simple colonne, times 12, simple interligne). La sélection se fera par le comité d'organisation et les présentateurs des exposés tutoriaux. Certains articles seront acceptés pour une présentation longue (*regular talk*), d'autres pour une présentation courte (*spotlight talk*) et d'autres sous forme de posters, afin de permettre au plus grand nombre de présenter ses travaux. Des groupes de travail pourront être organisés, après les exposés.

L'organisation de cette Ecole d'Automne bénéficie pour l'instant du soutien du Conseil Scientifique de l'Université de Tours, de l'AS/RO, et de la ROADEF.

#### Dates importantes

- Soumission des articles : 15 juillet
- Notification d'acceptation : 1er septembre
- Réception des versions définitives : 15 septembre
- Inscriptions : 1er octobre 2003

#### Inscriptions (avant le 1er octobre)

- Etudiant : 15 euros
- Membre ROADEF : 30 euros
- Autre participant : 60 euros

Les inscriptions peuvent se faire par bon de commande ou par chèque à l'ordre de « M. l'agent comptable de l'Université de Tours ».

#### Comité d'organisation

- Jean-Charles Billaut, professeur, EPU-DI, LI
- Patrick Martineau, maître de conférences, EPU-DI, LI

#### Lieu et adresse

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

---

## Annonces des manifestations à venir

### **INOC2003 : International Network Optimization Conference**

October 27-29, 2003 - Evry/Paris (France)

<http://www.int-evry.fr/INOC2003>

---

### **LFA'2003 : Rencontres francophones sur la Logique Floue et ses Applications**

26-27 novembre 2003 - Tours (France)

<http://www.rfai.li.univ-tours.fr/lfa03>

---

### **Premier Congrès Francophone MAJECSTIC'03 (MANifestation des JEunes Chercheurs STIC)**

29 - 31 octobre 2003 - Marseille (France)

<http://www.lsis.org/~addl/Majecstic>

---

### **3rd Annual McMaster Optimization Conference : Theory and Applications (MOPTA 03)**

July 30 - August 1, 2003 - Hamilton (Ontario, Canada)

<http://www.cas.mcmaster.ca/~mopta>

---

### **XXX Symposium on Operational Research (SYM-OP-IS 2003)**

September 30 - October 3, 2003 - Herceg-Novi (Montenegro)

<http://www.mi.sanu.ac.yu/symopise.html>

---

### **The 14th International Symposium on Algorithms and Computation (ISSA 2003)**

December 15-17 - Kyoto (Japan)

<http://issac.lab2.kuis.kyoto-u.ac.jp>

---

Special Issue of the

### **Journal of Mathematical Modelling and Algorithms (JMMA)**

on CLUSTERING TECHNIQUES

<http://www.kluweronline.com/issn/1570-1166>

Vic Rayward-Smith (vjrst@sys.uea.ac.uk)

## Comptes rendus des manifestations passées

compte rendu des

### 5<sup>e</sup> Journées Nationales de la ROADEF

Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse

26-28 février 2003

par Philippe Michelon

C'est avec le plus grand plaisir que l'Université d'Avignon a accueilli les 5<sup>èmes</sup> Journées Nationales de la ROADEF du 26 au 28 février dernier. Nous espérons ainsi avoir fourni un cadre propice à la réalisation des objectifs de ces journées : diffusion de connaissances, échanges entre théoriciens et praticiens, entre académiciens et chercheurs du privé, entre chercheurs de différentes disciplines, entre doctorants et chercheurs confirmés. Plus encore, ces journées nationales sont l'occasion de souder une communauté scientifique qui, par essence, couvre un panel de disciplines et d'applications extrêmement large. Nous souhaitons donc créer un environnement convivial et chaleureux, favorable aux discussions informelles et rencontres, en proposant notamment des activités sortant du cadre scientifique. A cet égard, la richesse culturelle et architecturale de la ville d'Avignon s'est avérée un support appréciable et nous espérons que tous les participants garderont un souvenir agréable de leur séjour dans la cité des Papes.

Ces 5<sup>èmes</sup> journées ont, en tout état de cause, permis de confirmer la courbe ascendante de notre discipline. Outre les membres du Comité d'organisation et les étudiants de la filière "Optimisation et Aide à la Décision" de l'IUP Génie Mathématique et Informatique d'Avignon, nous avons compté 345 inscrits, soit un nombre de participants supérieur à l'édition précédente qui en comptait elle-même plus que l'édition antérieure. Ces chiffres croissants sont évidemment encourageants pour la Recherche Opérationnelle et l'Aide à la Décision française, et surtout la preuve que le dynamisme insufflé par les bureaux successifs de la ROADEF porte ses fruits.

Cela est d'autant plus vrai qu'il faut souligner que ce congrès a rassemblé au delà de la ROADEF (les 345 inscrits se décomposant en 157 adhérents de la ROADEF et 188 non adhérents), avec notamment la participation de nombreux industriels (76, soit environ 22% des participants) - participation importante pour une discipline se nourrissant

d'échanges entre théorie et pratique. Egalement, le nombre important d'étudiants en thèse (125, soit un peu plus d'un tiers des participants) est un signe important de la vitalité de notre discipline et pour l'avenir de la ROADEF.

Une autre caractéristique de ce 5<sup>ème</sup> congrès est qu'il reflète un rayonnement grandissant de la ROADEF. Nous avons en effet accueilli 29 participants affiliés à des institutions étrangères (une dizaine de nationalités étaient représentées) et, surtout, des conférenciers pléniers de renommée internationale (Fred Glover, Claude Le Pape, Nelson Maculan et Laurence Wolsey). De même, le Comité Scientifique - constitué de personnalités de différentes nationalités et reconnues mondialement - montre que notre société bénéficie d'une image positive dépassant largement nos frontières. Nous attribuons d'ailleurs une part du succès de ce congrès à ces différentes personnalités qui ont accepté de s'y associer. Nous voudrions les remercier tous chaleureusement, les uns pour la qualité de leur conférence, les autres pour la promotion de ces journées ainsi que pour le travail de relecture des résumés qu'ils ont bien voulu accomplir.

Nous voudrions tout autant remercier les arbitres additionnels que nous avons dû solliciter tant étaient nombreux les résumés que nous avons reçus. Cela s'est traduit par la présentation d'environ 260 exposés répartis en 4 sessions plénières, 2 sessions consacrées au challenge ROADEF (organisé par Van Dat Cung), 3 sessions de démonstrations de produits et 51 sessions en parallèle.

Un regard sur l'ensemble de ces contributions permet de dégager quelques commentaires sur l'évolution de notre discipline. Sur les 51 sessions en parallèle, 30 étaient orientées "problèmes" (l'ordonnement, les télécommunications et le transport semblent se situer au coeur des préoccupations de beaucoup d'entre nous). L'observation des autres sessions, consacrées à des méthodes, indique l'émer-

gence de nouvelles composantes de notre discipline (à signaler le rôle grandissant de la Programmation par Contraintes), la confirmation de l'importance d'autres composantes (notamment les métaheuristiques), et, peut-être, certaines faiblesses, par exemple dans les aspects stochastiques. Ainsi, il semble que notre discipline accorde une importance croissante à la résolution effective de problèmes pratiques et s'ouvre de plus en plus vers le monde non académique.

Quoi qu'il en soit, ces 5èmes Journées nationales furent un événement important pour l'Université d'Avignon et nous espérons qu'elles ont constitué des moments agréables et enrichissants pour l'en-

semble des participants. Nous avons, pour notre part, pris un réel plaisir à les organiser.

Nous souhaitons également remercier l'ensemble de nos sponsors : Avignon Info-pole, ville d'Avignon, Artelys, e-lab de Bouygues, Direction Générale de l'Armement, Eurodécision, France telecom, ILOG et la région PACA.

**Le comité d'organisation :** Christian Artigues, Aurélie Barrière, Sophie Demasse, Mohamed Didi-Biha, Dominique Feillet, Serigne Gueye, Jocelyne Gourret, Jean-Philippe Hamiez, Andréa Linhares, Philippe Michelon, Simone Mouzac, Cristian Oliva, Mireille Palpant.

compte rendu de la

## 6<sup>e</sup> Journée Francilienne de Recherche Opérationnelle

24 janvier 2003

par Francis Sourd

La sixième édition des Journées Franciliennes de Recherche Opérationnelle s'est déroulée le 24 janvier dernier au Carré des Sciences à Paris. Cette journée était consacrée aux Métaheuristiques. C'est Eric Taillard, de l'Institut d'Informatique Appliquée à Yverdon-les-Bains (en Suisse) qui a présenté l'exposé de synthèse de la matinée. Lors de cet exposé, l'accent a été particulièrement mis sur les difficultés qui se présentent lorsqu'on veut comparer différentes méthodes heuristiques. L'orateur a ensuite proposé quelques manières de rendre plus rationnelle ces comparaisons.

L'après-midi, quatre exposés témoignant de la diversité du domaine étaient au programme.

Eric Angel, maître de conférence à l'Université d'Evry - Val d'Essonne, a présenté l'utilisation de voisinages de taille exponentielle en recherche locale.

Ensuite, Patrick Siarry, de l'Université Paris XII, a présenté plusieurs adaptations des métaheuristiques classiques à l'optimisation continue.

Après la pause café, Marc Schoenauer, Direc-

teur de recherche à l'INRIA, a présenté un tour d'horizon des différentes formes d'algorithmes évolutionnaires et de leur utilisation pratique sur un exemple issu du domaine du contrôle aérien.

Le dernier exposé de la journée, par Sana Ghariani, d'ILOG était consacré à l'utilisation des systèmes de colonies de fourmis en programmation par contraintes.

Nous remercions tous les orateurs de cette journée pour leur participation et pour la qualité de leur présentation. Le thème de la journée avait attiré un public nombreux et large, l'amphithéâtre Stourdze était en effet presque plein.

Les transparents de certaines de ces présentations sont en ligne sur le site des JFRO (accessible depuis la page principale de la ROADEF).

La prochaine journée aura lieu le 27 juin 2003. La journée sera dédiée aux algorithmes d'approximation, l'exposé de synthèse étant donné par Vangelis Paschos. Le programme et les informations pratiques sont sur notre site Web.

compte rendu de la  
7<sup>e</sup> journée du groupe de travail sur  
**la Programmation Mathématique MultiObjectifs (PM2O)**

15 mai 2003

par Vincent T'Kindt

La 7<sup>ième</sup> journée du groupe de travail sur la Programmation Mathématique MultiObjectifs (PM2O) GT 1.6 du GDR I3 du CNRS

C'est à l'université de Valenciennes que se déroula cette 7<sup>ème</sup> journée de travail, organisée par Xavier Gandibleux. La première en tant que groupe de travail du GDR I3? et la première à être diffusé en direct sur Internet! Exceptionnellement la langue officielle fut l'anglais, pour cause d'orateurs étrangers. La journée commença, pour les 23 participants, vers 10h30 avec une courte présentation par Frédéric Semet de l'université. Le premier exposé fut réalisé par le Pr. Ralph Steuer (USA) et traita du problème de sélection d'un portefeuille d'actions en présence de plusieurs critères. En l'occurrence il s'agissait de maximiser le retour sur investissement tout en minimisant la variance sur les prévisions de variation du cours des actions. Puis Juan Molina (Espagne) nous présenta ses travaux sur un outil générique de résolution de problèmes d'optimisation multicritères. Ce solveur, basé sur un algorithme de type Tabou, permet d'énumérer l'ensemble des optima de Pareto pour n'importe quel

problème. Des résultats expérimentaux étaient reportés pour quelques problèmes classiques. Après la pause déjeuner, la journée reprit avec Fabien Le Huédé qui nous exposa comment intégrer des préférences floues d'un décideur au moyen de l'intégral de Choquet puis comment résoudre le problème obtenu à l'aide de la programmation par contraintes. Cet exposé fut suivi d'une présentation de Marc Sevaux sur la résolution d'un problème d'« arc routing » pour lequel un algorithme génétique a été mis en place. Le dernier exposé de la journée fut réalisé, après la pause café, par Frédéric Beugnies sur la résolution d'un problème de routage dans un réseau IP. Et puis la journée se termina vers 17h30 par l'habituelle Table Ronde qui fut l'occasion de faire le point sur la vie du groupe depuis la dernière réunion. La prochaine réunion est prévue Département Informatique de Polytech'Tours les 13 et 14 novembre 2003. Il s'agira d'une journée couplée avec le groupe de recherche Flexibilité et Robustesse en Ordonnancement, sur les thèmes de l'Optimisation Multicritère, l'Aide à la Décision et la Robustesse, notamment en Ordonnancement.

---

compte rendu des

**Journées organisées par le groupe META (1er semestre 2003)**

par Patrick Siarry

**1. Journée META-BERMUDES "Métaheuristiques & Ordonnancement"**

le 7 février 2003, à Lille

- Présentation du laboratoire LIFL, El-Ghazali Talbi
- Le routage robuste sans conflit de chariots auto-guidés bidirectionnels, Samia Maza, Pierre Castagna (IRCCyN / Nantes)
- Planification des activités de maintenance dans un contexte de télé-maintenance, Alexei Ivanov, Christophe Varnier (LAB / Besançon)
- Heuristiques, métaheuristiques et systèmes de voisinage : application à des problèmes théoriques et industriels de type TSP et ordonnancement Laurent Deroussi (LIMOS / Clermont-Ferrand)
- Conception métaheuristique évolutionnaire pour l'ordonnancement flowshop multi-objectif Mathieu Basseur, Frank Seynhaeve, El-Ghazali Talbi (LIFL / Lille)
- Métaheuristiques pour le paramétrage automatique d'un logiciel d'ordonnancement industriel El-Djillali Talbi, Laurent Geneste, Bernard Grabot (LGP / Tarbes)

## 2. Organisation de deux sessions du Congrès ROADEF'03

les 26-28 février 2003, à Avignon

## 3. Réunion META - Section Automatique du Club EEA, "Automatique et Optimisation"

le 20 mars 2003, à Créteil

**Objectifs :** Cette journée a été organisée conjointement par la section Automatique du Club EEA et par le Groupe META.

« Agir, organiser, calculer, choisir entre diverses solutions pour trouver la plus efficace, la plus rentable, pour atteindre le meilleur résultat possible » : ainsi le dictionnaire définit-il le concept d'optimisation. La notion de contrôle, au sens des automaticiens, est voisine : on contrôle, par exemple, l'évolution d'un système physique, de façon à en corriger les écarts éventuels par rapport à une situation désirée. La commande optimale et la commande robuste sont des sujets qui relèvent à la fois du contrôle et de l'optimisation. Plus largement, d'autres domaines se réclament conjointement de l'automatique et de l'optimisation : en particulier, l'organisation des systèmes de production, l'identification, la modélisation et l'apprentissage. Ces domaines, en apparence éloignés, partagent certains outils, comme le calcul des variations, la programmation dynamique, ou les métaheuristiques. Ils tirent ainsi profit de leur situation particulière, à l'interface de plusieurs disciplines, intéressant les automaticiens, les informaticiens et les mathématiciens appliqués.

Le but de cette journée d'étude « Automatique et Optimisation » était de présenter quelques uns des thèmes qui se réclament de ces deux disciplines, et de susciter une réflexion sur l'intérêt d'une approche interdisciplinaire en pédagogie et en recherche. La journée a comporté 6 exposés invités

de 40 minutes, suivis chacun d'une discussion de 20 minutes.

### Programme :

- Problèmes d'ordonnancement dans les systèmes de production Michel Gourmand, LIMOS (Laboratoire d'Informatique, de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes), Clermont-Ferrand
- Mathématique et automatique : de la boucle ouverte à la boucle fermée Maïtine Bergounioux, MAPMO (Mathématiques et Applications, Physique Mathématique d'Orléans), Orléans
- Commande optimale des systèmes dynamiques hybrides Claude Iung, CRAN, Nancy
- Quelques perspectives en optimisation pour la commande robuste Denis Arzelier et Jacques Bernussou, LAAS, Toulouse
- Apprentissage statistique et techniques de ré-échantillonnage Jean-Marc Martinez, CEA, Saclay
- Techniques d'optimisation stochastique appliquées aux problèmes du trafic aérien Nicolas Durand, ENAC (Ecole Nationale de l'Aviation Civile), Toulouse

### Organisation :

La journée d'étude a été organisée par le Laboratoire d'Etude et de Recherche en Instrumentation, Signaux et Systèmes (LERISS, E.A. 412) de l'Université de Paris XII Val de Marne.

## 4. Journée ACI GRID2 GDR ARP - META "Optimisation combinatoire et datamining sur Grille"

le 21 mars 2003 à Lille

- Etat des projets de grilles informatiques en France et en Europe M. Soberman, CNRS - STIC
- Coopération de méthodes d'optimisation combinatoire et d'extraction de connaissances sur Grilles E-G. Talbi - LIFL - Lille
- Méthodes combinatoires exactes sur Grilles V-D. Cung - Prism - Versailles
- Grid-Miner : une preuve de concept M. Raoul, O. Raynaud - LIMOS / Clermont-Ferrand
- Techniques de fouille versus techniques de BD : quelle algorithmique investir en priorité pour la grille? C. Cérin, M. Koska - LaRIA, Amiens.
- Sur la reconnaissance de repliements de protéines : modèle, algorithme, parallélisation R. Andonov, IRISA et LAMIH.
- Recherche de motif de séquence de protéine et adaptation dans un contexte de grille C. Blanchet, IBCP, Lyon.

compte rendu de la  
**Journée Industrielle Roadef « Logistique et Informatique »**

IUT de Montluçon

3 avril 2003

par Sylvie Norre

Le département GLT (Gestion Logistique et Transport) de l'IUT de Montluçon et le LIMOS CNRS UMR 6158 (Laboratoire d'Informatique, de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes) de l'Université Blaise Pascal (Clermont-Ferrand) ont organisé le 3 avril 2003 une journée industrielle sur le thème « Logistique et Informatique ».

Cette journée, à laquelle ont participé (malgré une grève des transports) 45 personnes (industriels, enseignants et chercheurs), a été très enrichissante et a permis de nombreux échanges entre les orateurs et les participants. Elle a reçu le soutien financier de l'Université Blaise Pascal, de la Communauté d'Agglomération de Montluçon et du Conseil Général de l'Allier.

La variété des thèmes et des problèmes, présentés par des intervenants du monde industriel et de l'Université, a fait la richesse de cette journée. Les exposés, au nombre de neuf, ont été les suivants :

- Alain Quilliot, directeur du LIMOS, a montré l'efficacité de l'optimisation et l'importance de la modélisation pour les problèmes industriels actuels à travers des problématiques liées au transport.
- Un cas concret a été décrit par Jean Fatet de la CCI de Montluçon et David Tottey de la Société Topcell à Vichy. L'activité de cette société concerne la mise en place d'une banque cryogénique pour la conservation de sang de cordon ombilical. La problématique liée à la mise en place d'un réseau logistique de collecte reposant sur les maternités, les hôpitaux et les cliniques vétérinaires a été décrite.
- Nikolay Tchernev, enseignant à l'IUP de Management et de Gestion des Entreprises de l'Université d'Auvergne et chercheur du LIMOS, a présenté les principaux types de logiciels de gestion intégrée utilisés pour la gestion et l'optimisation de la Chaîne logistique.
- Les bénéfices d'un APS (module de planification) dédié à un système de production ont été explicités par Yannick Stachnik de la société Unilog Auvergne. L'architecture fonctionnelle, qui intègre le couplage de l'optimisation et de la simulation à événements discrets, et la méthodologie sous-jacente (conçue au LIMOS) ont été présentées et illustrées par des réalisations dans le monde de la production.
- La société Eurodécision a conçu une solution logicielle, LP-TransportationPlanner, dédiée à l'optimisation d'un plan de transport en tenant compte de contraintes de qualité de service et d'exploitation des sites. Catherine Frébault a présenté tout d'abord les problématiques couvertes par cet outil puis a montré une application dans le domaine de l'aéronautique chez Airbus.
- Un logiciel dédié pour la planification d'un atelier de forge a été présenté par Anthony Caumond, doctorant au LIMOS. Le système étudié, la formalisation des problèmes, les méthodes de résolution proposées, la maquette logicielle développée et les résultats obtenus ont été décrits.
- Clément Dupuy, doctorant dans le laboratoire Prisma de Lyon, s'est intéressé à l'optimisation de la chaîne logistique par la maîtrise de la traçabilité. Cette notion a été définie et illustrée par un exemple issu d'une chaîne logistique d'un groupe de l'industrie agro-alimentaire. Une méthode de modélisation du processus d'enregistrement du flux matière a été proposée.
- L'exposé de Marcel Beauseigneur, de la société PSA, a présenté les problèmes liés à l'organisation de la chaîne logistique d'un constructeur automobile. Deux développements spécifiques ont été abordés : le premier a permis d'illustrer les relations clients-fournisseurs, le second concernait un problème de logistique de production. Ces deux problèmes ont été résolus via des APS dédiés, les systèmes intégrés de gestion actuels ne permettant pas de prendre en compte le niveau opérationnel correspondant à ces deux problèmes.
- Patrick Gaillard, Administrateur de l'Aslog, consultant et formateur en logistique, a décrit la position de la PME et a présenté de nombreux extraits du référentiel de performance logistique conçu par l'Aslog.



La journée a également été l'occasion de présenter les projets de formation en logistique à l'IUT de Montluçon (licence en co-tutelle avec l'IUP de

Management, licence professionnelle).

Un cocktail a clôturé la journée aux environs de 18 heures.

compte rendu des

## Journées du GDR ALP

<http://www.liafa.jussieu.fr/âlp/>

30 & 31 janvier 2003

par Marc Demange

Les journées annuelles du GDR ALP se sont déroulées les 30 et 31 janvier derniers. Il s'agissait de la seconde rencontre de ce type, instituée lors du renouvellement en 1998 et de l'arrivée de Christiane Frougny (LIAFA) à la direction du GDR. Ces journées permettent aux différents acteurs du GDR de se rencontrer et donnent l'occasion à chaque pôle d'illustrer ses activités par la présentation de quelques exposés scientifiques.

Rappelons que le GDR comporte quatre pôles, "Spécification, Programmation et Logique", "Informatique Graphique", "Algorithmique et Calcul Formel" et "Optimisation Combinatoire" créé à l'automne dernier dans le cadre de l'organisation de l'Action Spécifique Inter-GDR "Recherche Opérationnelle". Cette rencontre était donc pour nous particulièrement importante afin de présenter le pôle "Optimisation Combinatoire" aux membres du GDR. Car l'un des principaux intérêts de ce pôle est justement, je crois, de nous offrir une tribune devant un public à l'interface de l'informatique et des mathématiques appliquées.

Afin de remplir pleinement ce rôle d'échanges entre pôles, le planning de ces journées repose sur le principe de n'avoir aucune session en parallèle. Cette année, le programme comportait 5 exposés invités de 50 minutes et 12 communications de 25 minutes. Pour ce qui concerne l'Optimisation Combinatoire, le comité de programme avait retenu un exposé invité de C. Picouleau (CEDRIC - CNAM) et trois communications de B. Escoffier (LAMSADE, Dauphine), M. Vasquez (LGI2P Nimes) et F. Sourd (LIP6, Paris). En outre, à l'occasion de notre arrivée dans le GDR ALP, j'ai fait une courte présentation du pôle et de ses axes de recherche en ouverture des journées. Vous pouvez retrouver le programme complet sur le site des journées : <http://www.lsv.ens-cachan.fr/âhs/j-âlp2003.html>.

Il est évident que refuser les sessions parallèles limite le nombre d'exposés : par rapport aux propo-

sitions, nous en avons retenu que la moitié environ, avec comme principal souci d'assurer une bonne représentativité des différents Groupes de Travail. Pour ce qui concerne l'Optimisation Combinatoire notamment, les travaux présentés couvraient des thèmes relevant, de manière plus ou moins directe, des différents GT hormis le groupe "contraintes". Personnellement, je défendrai l'idée de garantir, sur deux ou trois années, une représentation équilibrée des différents thèmes du pôle, mais il convient aussi de noter que les propositions qui nous sont parvenues n'étaient pas équilibrées en termes de thématiques, qu'on se le dise pour l'an prochain ! J'insiste sur l'importance de rendre visible nos différents axes de recherche dans l'action du GDR dont la principale mission est l'animation de la recherche et le relais avec le département STIC.

Globalement, il me semble qu'un sentiment très positif émane de ces journées. Le nombre de participants, entre 40 et 50, est resté moyen, mais le succès ne se mesure pas, selon moi, en termes numériques sachant que nous sommes tous très sollicités et qu'il est toujours plus difficile de mobiliser sur des manifestations transversales. Par contre, les différents exposés ont mis en évidence des interactions nombreuses entre les pôles et en particulier pour l'Optimisation Combinatoire, les différentes présentations ont suscité un intérêt chaleureux de la part des autres pôles, ce qui était le principal objectif. Notons aussi qu'en termes de participants, l'Optimisation Combinatoire était plutôt bien lotie. À l'issue de cette première rencontre avec le GDR ALP, notre bonne intégration ne fait donc aucun doute.

Je remercie une fois de plus le GDR pour son accueil ainsi que vous tous qui, par vos messages, par votre venue, en proposant des exposés ou en présentant vos travaux, avez contribué à ce succès. Rendez-vous est pris pour l'an prochain !

## 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 2003

Les cotisations pour l'année 2003 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 fournit 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 êtes invités à vous inscrire par voie électronique : <http://www.roadef.org>

Pour toute information complémentaire, merci de contacter Eric Gourdin ([tresorier@roadef.org](mailto:tresorier@roadef.org)) ou Marie-Christine Costa ([secretaire@roadef.org](mailto: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 Anass Nagih

#### **Éditeur :**

Arnaud Fréville

#### **Comité de rédaction :**

Arnaud Fréville, Marie-Christine Costa, Éric Gourdin, Van-Dat Cung, Anass Nagih, Philippe Baptiste

#### **Composition du Bulletin :**

Anass Nagih

#### **Ayant contribué à ce numéro :**

Beringer, Guerinik, Gendreau, Habet, Vasquez, Costa, Fréville, Billaut, Michelin, Sourd, T'Kindt, Siarry, Norre, Demange

Ce numéro a été tiré en 500 exemplaires. Sa version électronique est disponible sur le site de la ROADEF