

# Résolution de problèmes combinatoires riches par l'approche coopérative de décomposition par attributs

Teodor Gabriel Crainic<sup>1</sup>, Michel Gendreau<sup>2</sup>, Nadia Lahrichi<sup>1</sup>, Walter Rei<sup>1</sup>, Thibaut Vidal<sup>3</sup>

<sup>1</sup> École des sciences de la gestion, U.Q.A.M. and CIRRELT  
C.P. 8888, Succursale Centre-ville, Montréal (QC), Canada H3C 3P8  
{TeodorGabriel.Crainic,Nadia.Lahrichi,Walter.Rei}@cirrelt.ca

<sup>2</sup> École Polytechnique de Montréal and CIRRELT  
C.P. 6128, Succursale Centre-ville, Montréal (QC), Canada H3C 3J7  
Michel.Gendreau@cirrelt.ca

<sup>3</sup> Dept. Computer Science and Operations Research, Université de Montréal and CIRRELT  
C.P. 6128, Succursale Centre-ville, Montréal (QC), Canada H3C 3J7  
Thibaut.Vidal@cirrelt.ca

**Mots-Clés :** *optimisation combinatoire, problèmes multi-attributs, recherche coopérative.*

## 1 Introduction

Les problèmes d'optimisation combinatoire apparaissent de façon prééminente dans un grand nombre de cadres théoriques et de cas d'application. Ces problèmes étant généralement formellement difficiles et de grande taille, un grand nombre de méthodes de résolution, exactes, heuristiques et méta-heuristiques, ont été proposées pour leur résolution. Le calcul parallèle a permis d'améliorer ces méthodes, tant en termes de vitesse de résolution que, pour les méta-heuristiques, en termes de qualité de solution [3, 4].

Nous nous intéressons plus particulièrement aux problèmes dits "riches" caractérisés par un grand nombre d'attributs tels, par exemple, le problème de synthèse de réseau de téléphonie sans fil traitant de façon intégrée la localisation, le nombre et la puissance des antennes, ainsi que leurs orientation, hauteur, etc. [2] ou les problèmes "riches" de tournées de véhicules décrits dans [5]. La littérature n'offre pas de solution satisfaisante pour traiter de tels problèmes en considérant simultanément l'ensemble des attributs. Notre objectif est de contribuer à relever ce défi.

Nous proposons donc une méthode de recherche coopérative basée sur une décomposition par attributs pour les problèmes d'optimisation combinatoire riches que nous appelons *Integrative Cooperative Search (ICS)*. ICS met en oeuvre des méthodes exactes ou méta-heuristiques qui travaillent de façon indépendante sur divers sous-ensembles des attributs du problème, tandis que d'autres méthodes combinent les solutions partielles en solutions complètes et les améliorent, éventuellement. L'ensemble de ces méthodes collaborent à travers un coordinateur global, dynamiquement adaptatif, selon le principe de coopération par mémoire centrale. Notre objectif est de présenter et de discuter le concept ICS, sa structure, ses principales composantes et principes de fonctionnement. Nous illustrerons ces notions par une application au problème de tournées de véhicules périodique multi-dépôts (MDPVRP).

## 2 La méthode ICS

Les principaux composants d'ICS traitent les questions de : 1) décomposition, 2) résolution des sous-problèmes, 3) la reconstitution de solutions complètes, 4) le guidage de la recherche globale.

Nous proposons une *décomposition par attributs*. Chaque sous-problème ainsi défini correspond à un sous-ensemble d'attributs dont les valeurs peuvent être modifiées, tandis que les valeurs des autres attributs sont fixées, ce qui permet de toujours travailler avec des solutions complètes. Cette décomposition structurelle a des objectifs d'efficacité, en travaillant sur des problèmes réduits, et d'opportunité algorithmique, des problèmes plus "simples" offrant plus facilement la possibilité de nouveaux développements ou de faire appel à des méthodes "state-of-the-art".

Les sous-problèmes sont traités par des méthodes spécialisées, exactes ou méta-heuristiques, que nous identifions par *solveurs partiels* (PS). Lorsque plus d'un PS est affecté au même sous-problème, ceux-ci sont organisés selon les principes de la recherche coopérative avec mémoire centrale [3, 4].

D'autres méthodes spécialisées, appelées *intégréateurs*, sélectionnent des solutions partielles et construisent des solutions complètes qui sont déposées dans la mémoire centrale de ICS. Des défis particuliers de qualité et de diversité des solutions générées caractérisent les intégréateurs qui peuvent être vus comme une nouvelle classe d'opérateurs évolutionnaires.

La coordination de la recherche globale passe par un mécanisme, le *coordinateur global de la recherche* (CGR). Les principales tâches du CGR sont 1) la surveillance des mémoires et des solutions échangées afin d'approximer l'état de la recherche globale et la performance de chaque composante ; 2) le guidage de la recherche par la modification des valeurs fixées des attributs des sous-problèmes (dans des versions plus avancées, le CGR pourra également modifier les paramètres des méthodes utilisées par les PS et les intégréateurs) ; 3) la détection des conditions de fin de la recherche. La définition des mécanismes de cueillette, traitement et diffusion d'information du CGR constitue un des principaux défis de la méthodologie.

Nous illustrons ces concepts par une application au problème de tournées de véhicules périodique multi-dépôts. La décomposition par attributs produit un problème périodique et un autre multi-dépôts. Dans les deux cas, nous utilisons comme PS le Unified Tabu Search [1] et un algorithme génétique nouvellement développé par nous. Le même algorithme génétique sert aussi de base aux intégréateurs. Nous présenterons des résultats expérimentaux qui soulignent l'intérêt de ICS.

## Références

- [1] J.-F. Cordeau, G. Laporte and A. Mercier. A unified tabu search heuristic for vehicle routing problems with time windows. *Journal of the Operational Research Society*, 52 : 928–936, 2001.
- [2] T.G. Crainic, B. Di Chiara, M. Nonato and L. Tarricone. Tackling electromog in completely configured 3G networks by parallel cooperative meta-heuristics. *IEEE Wireless Communications*, 13(6) : 34–41, 2006.
- [3] T.G. Crainic and H. Nourredine. Parallel meta-heuristics applications, In *Parallel Metaheuristics*, E. Alba, editor, John Wiley & Sons publishers, Hoboken, NJ, pages 447–494, 2005.
- [4] T.G. Crainic and M. Toulouse (2009). Parallel strategies for meta-heuristics. In *Handbook in Metaheuristics*, 2nd Edition, M. Gendreau and J.-Y. Potvin, Springer, 2009, à paraître.
- [5] R.F. Hartl, G. Hasle and G.K. Janssens. Special issue on rich vehicle routing problems. *Central European Journal of Operations Research*, 14, 2006.