

Heuristique VND-ILS pour le Problème de Routage et d'Affectation de Longueur d'Onde

Alexandre Xavier Martins¹, Christophe Duhamel², Philippe Mahey²,
Maurício Cardoso de Souza³, Rodney Rezende Saldanha⁴

¹ DEENP, Universidade Federal de Ouro Preto, Campus João Monlevade, Minas Gerais, Brasil.

`xmartins@decea.ufop.br`

² LIMOS, Université Clermont-Ferrand II, Campus des Cézeaux , 63173 Aubière, France.

`{christophe.duhamel, mahey}@isima.fr`

³ DEP, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Pampulha , Minas Gerais, Brasil.

`mauricio.souza@pq.cnpq.br`

⁴ DEE, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Pampulha , Minas Gerais, Brasil.

`rodney@cpdee.ufmg.br`

Mots-clés : *réseaux optiques, RWA, ILS, VND*

1 Introduction

Les réseaux optiques ont favorisé une forte croissance dans les télécommunications en général. En effet, ils possèdent une grande bande passante, ils ne sont pas affectés par les interférences électromagnétiques du fait de l'utilisation de matériaux diélectriques, ils résistent bien à la corrosion et ils ont un faible taux de perte. De plus il est possible de mettre en place des systèmes de transmission longue distance avec un espacement raisonnablement grand entre les répéteurs, ce qui limite le coût et la complexité [2].

Cependant, la vitesse de transmission théoriquement offerte par la fibre optique est rarement atteinte à cause des traitements électroniques sur les routeurs [10]. Le mécanisme de commutation actuel nécessite du stockage et du traitement sur les routeurs. Il induit donc du retard dans la transmission et transforme les nœuds de commutation en points de congestion. De plus, la bande passante offerte par les fibres optiques n'est pas suffisante pour garantir l'efficacité du réseau [4]. Une clé pour obtenir des réseaux à grande vitesse est de maintenir le signal sous forme optique en évitant ainsi les transformations coûteuses sur les convertisseurs opto-électroniques, tant en entrée qu'en sortie du signal [5].

En l'absence de conversion, la contrainte de continuité de longueur d'onde correspond à l'utilisation d'une seule longueur d'onde pour chaque chemin optique d'une origine à une destination [1]. Dans la littérature, le problème de routage et affectation de longueur d'onde (*Routing and Wavelength Assignment* - RWA) est souvent considéré de deux manières différentes : maximiser le nombre de requêtes traitées ou minimiser le nombre de longueurs d'onde utilisées.

2 Définition du Problème

Nous considérons ici le RWA avec minimisation du nombre de longueurs d'onde utilisées. Soit $G(V, E)$ un graphe orienté où V est l'ensemble des $v = |V|$ sommets (les commutateurs) et E est l'ensemble des arcs (les fibres optiques). On note $R = \{(s_1, d_1, r_{s_1 d_1}), \dots, (s_n, d_n, r_{s_n d_n})\}$ l'ensemble des requêtes avec d_i sommet origine, s_i sommet destination et $r_{s_i d_i}$ quantité de connexions à établir pour la requête i . Pour chaque connexion, on doit donc déterminer la longueur d'onde à utiliser et le routage pour aller de l'origine à la destination.

Dans la littérature, certaines stratégies décomposent le problème en deux parties [6, 1, 11]. Une route est d'abord déterminée pour chaque connexion puis une longueur d'onde est affectée à chaque route en résolvant un problème de coloration de graphe [3]. D'autres approches traitent les deux problèmes simultanément [12, 8].

Nous présentons une heuristique hybride, combinant deux métaheuristiques, VND [9] et ILS [7]. La solution initiale est construite par une heuristique classique, EDP [8] ou BFD [12]. La VND est utilisée comme Recherche Locale de l'ILS pour améliorer la solution courante. Ses voisinages reposent sur la modification de la longueur d'onde affectée à chaque connexion. La solution obtenue à la fin de la VND est perturbée puis ré-optimisée. Le principe est d'explorer les bassins proches de la solution courante en essayant de conserver la plupart des bonnes caractéristiques de celle-ci. En partant d'une solution proche d'un optimum local, l'effort lié à la nouvelle recherche locale est aussi fortement réduit. Nous proposons une perturbation ne modifiant pas le nombre total de longueurs d'onde utilisées.

Les résultats numériques sur des instances classiques de la littérature confirment l'intérêt de ILS/VNS, tant sur le plan de la qualité des solutions produites que de la stabilité.

Références

- [1] D. Banerjee, B. Mukherjee. A practical approach for routing and wavelength assignment in large wavelength-routed optical networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 5 : 903-908, 1996.
- [2] M.S. Borella, J.P. Jue, D. Banerjee, B. Mukherjee. Optical components for WDM lightwave networks. *Proceedings of the IEEE*, 85(2) : 1274-1307, 1997.
- [3] D. Brelaz. New methods to color the vertices of a graph. *Communications of the ACM*, 256 : 251-256, 1979.
- [4] I. Chlamtac, A. Ganz and G. Karmi. Lightpath communications : An approach to high-bandwidth optical WAN's. *IEEE Transactions on Communications*, 40(2) : 1171-1182, 1992.
- [5] K. Lee, K. Kang, T. Lee, S. Park. An optimization approach to routing and wavelength assignment in WDM all-optical mesh networks without wavelength conversion. *ETRIJ*, 24(2) : 131-141, 2002.
- [6] G. Li, R. Simha. The partition coloring problem and its application to wavelength routing and assignment. *Proceedings of the First Workshop on Optical Networks*, 2000.
- [7] H. Lourenço, O. Martin, T. Stützle. Iterated local search. In : *Handbook of Metaheuristics*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2003, 321-353.
- [8] P. Manohar, D. Manjunath, R.K. Shevgaonkar. Routing and wavelength assignment in optical networks from edge disjoint path algorithms. *IEEE Communications Letters*, 6(5) : 211-213, 2002.
- [9] N. Mladenović, P. Hansen. Variable neighborhood search. *Computers & OR*, 24(11) : 1097-1100, 1997.
- [10] C.S.R. Murthy, M. Gurusamy. WDM optical Networks : Concepts, Design and Algorithms. *Prentice Hall*, 2002.
- [11] T.F. Noronha, C.C. Ribeiro. Routing and wavelength assignment by partition colouring. *European Journal of Operational Research*, 171(3) : 797-810, 2006.
- [12] N. Skorin-Kapov. Routing and wavelength assignment in optical networks using bin packing based algorithms. *European Journal of Operational Research*, 177(2) : 1167-1179, 2007.