

# Arrondi aléatoire et protection des réseaux WDM

J-F. Lalande, M. Syska, and Y. Verhoeven

MASCOTTE I3S-INRIA\*\* 2004, route des Lucioles  
B.P. 93 - F-06902 Sophia Antipolis CEDEX, FRANCE  
{Jean-Francois.Lalande,Michel.Syska,Yann.Verhoeven}@sophia.inria.fr

*Nous présentons un algorithme de calcul de chemins de secours dans un réseau optique qui offre de meilleures performances pratiques que d'autres algorithmes connus grâce à l'application d'une technique d'arrondi aléatoire.*

## Protection dans les réseaux optiques

Un réseaux optique WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) est formé de nœuds de commutation de type OXC (*Optical Crossconnect*) reliés par des fibres multiplexées en un nombre fixe de longueurs d'onde (ou couleurs). Le routage du trafic consiste à affecter un chemin de longueurs d'onde - dit principal - entre la source et la destination de chaque demande. Nous retenons les hypothèses suivantes : chaque demande est de capacité unitaire (correspondant à une longueur d'onde), les nœuds sont capables de faire de la conversion (pas de contrainte de coloration uniforme des chemins de bout en bout) et une panne correspond à une seule coupure de lien dans le réseau à un instant donné.

Pour rendre le réseau robuste, on affecte un ou plusieurs chemins de secours à chaque chemin principal, de telle manière que quelle que soit la panne, il existe au moins un chemin de secours utilisable. En pratique, on trouve la protection dite 1 : 1 où chaque demande est protégée par un chemin disjoint, la protection de lien qui consiste à donner des routes de contournement entre les extrémités de chaque lien, et enfin, la protection dite  $M : N$  qui permet de router un ensemble de demandes via  $M$  routes en disposant de  $N$  routes de protection. Les cas de pannes étant traités indépendamment, les ressources allouées (longueurs d'onde) sur le réseau peuvent être partagées entre les routes de secours. Cette réutilisation s'appelle *backup multiplexing* dans [3] et est présentée sur la figure 1.

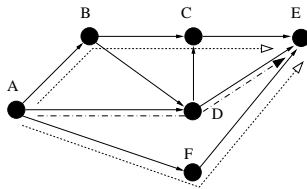


FIG. 1. Partage de chemins de secours

Les chemins principaux ABCE et AFE sont protégés par le même chemin de secours ADE. L'objectif de l'algorithme  $M : N$  que nous décrivons par la suite est de maximiser la réutilisation de tout ou partie des chemins de secours entre les chemins principaux en calculant ces chemins par groupes et rapidement.

\*\* Etude dans le cadre du projet FET CRESCCO

## Arrondi aléatoire d'un modèle linéaire

La détermination des routes principales et de secours est un problème NP-complet. L'expression du programme linéaire correspondant met non seulement en jeu des variables entières pour le choix des routes principales mais aussi un autre jeu de variables pour les chemins de protection, directement dépendant du premier. La résolution d'instances pratiques de ce programme linéaire est vaine.

Notre approche consiste alors à résoudre une version relaxée (et modifiée) du programme linéaire précédent, puis de déterminer une solution entière via un algorithme d'arrondi aléatoire. Nous utilisons le modèle proposé dans [1] : les variables 0-1 entières (routant une longueur d'onde principale) sont remplacées par des variables continues  $[0, \dots, \gamma]$  (routant jusqu'à  $\gamma$  longueurs d'onde) ; les variables 0-1 entières (routant une longueur d'onde de protection) sont remplacées par l'expression d'un multiflot fractionnaire dépendant des premières variables. La contrainte d'intégrité des variables entières peut alors être naturellement relaxée, puis nous introduisons alors un algorithme d'arrondis aléatoires, basé sur [2]. Cet algorithme nous permet d'obtenir avec une probabilité de  $2 \exp(-0,38\varepsilon^2 F)$  une solution entière d'une valeur au moins égale à  $F(1-\varepsilon^2)$ , où  $F$  est la valeur de la solution entière optimale.

### Résultats expérimentaux

| Réseaux | Caractéristiques |       |      | W  | Fibres |     | Long. d'onde |       | Temps |       |
|---------|------------------|-------|------|----|--------|-----|--------------|-------|-------|-------|
|         | Nœuds            | Liens | Dem. |    | BBG    | LSV | BBG          | LSV   | BBG   | LSV   |
| NSFNET  | 14               | 21    | 140  | 36 | 42     | 42  | 1114         | 884   | 1h    | 10min |
| France  | 20               | 34    | 118  | 50 | 68     | 71  | 2435         | 1987  | 20h   | 2min  |
| Europe  | 11               | 50    | 110  | 20 | 49     | 52  | 930          | 733   | 2h    | 6min  |
| USA     | 64               | 150   | 190  | 50 | ×      | 517 | ×            | 21945 | ×     | 30min |

Les expérimentations comparent notre algorithme, noté "LSV" à l'algorithme correspondant de [1], noté "BBG" sur des réseaux réels aux caractéristiques mentionnées sur la table avec le nombre de demandes ainsi que le nombre de longueurs d'onde par fibre  $W$ . L'algorithme LSV est significativement plus rapide que BBG. Le nombre total de fibres requises est en général légèrement moins bon, à cause du processus d'arrondi aléatoire. Cependant, LSV permet d'économiser l'utilisation de nombreuses longueurs d'onde (on pourrait augmenter la charge du réseau) et surtout de résoudre des instances plus grandes du problème (USA).

### Références

1. S. Baroni, P. Bayvel, and R. J. Gibbens. Analysis and design of resilient multi-fiber wavelength-routed optical transport networks. *Journal of lightwave technology*, 17(5) :743–758, 1999.
2. P. Raghavan and C. D. Thompson. Randomized rounding : A technique for provably good algorithms and algorithmic proofs. *Combinatorica*, 1987.
3. M. Sridharan and A. K. Somani. Revenue maximization in survivable WDM networks. In *OPTICOMM 2000*.