

# Recherche de trois-chemins disjoints dans un problème de conception de réseau avec relais : une méthode par perturbation de voisinages

Adel Bouchakhchoukha      Mhand Hifi

Université de Picardie Jules Verne, UR EPROAD, Équipe ROAD  
7 rue du Moulin Neuf, 80039 Amiens, France  
Adel.Bouchakahchoukha, hifi@u-picardie.fr

**Mots-clés** : *Heuristique, optimisation, réseau.*

## 1 Introduction

Nous nous intéressons à la résolution d'une variante du problème de la conception d'un réseau avec des relais (noté NDPR : *Network Design Problem with Relays*— cf., Cabral *et al.* [1] et Konak [2]). Ce type de problème est souvent rencontré dans le domaine des télécommunications et des systèmes adossés à des problématiques liées à la logistique. En effet, étant donné un réseau et un ensemble de produits à acheminer sur ce réseau, le problème de la conception de réseau avec des relais revient à sélectionner un sous-ensemble de tronçons de sorte que chacun des produits disponibles doit emprunter son propre itinéraire. De plus, l'acheminement d'un produit peut rencontrer des coupures ou parfois le transport ne peut dépasser une énergie maximale ; dans ce cas, sur chacun des itinéraires du réseau peut disposer d'un sous-ensemble de relais représentant des sommets du réseau. Dans d'autres cas, on exige des acheminements indépendants pour chacun des produits, permettant ainsi d'assurer le transfert ou du moins limiter les dégâts dans le cas où des perturbations fortes soient présentes.

D'une façon générale, une représentation graphique de ce problème peut être décrite comme suit. Soit  $G = (V, E, K)$  un graphe non-orienté, où  $V = \{1, \dots, n\}$  est l'ensemble de ses sommets,  $E = \{(i, j) : i, j \in V, i < j\}$  est l'ensemble de ses arêtes et,  $K = \{(o(k), d(k))\}$  dénote un ensemble de produits ( $|K|$  produits) à acheminer d'un point origine  $o(k) \in V$  vers une destination  $d(k) \in V$ . Le but du problème est de déterminer, pour chacun des produits à transporter, un itinéraires de sorte que le coût total, représenté par le coût de l'acheminement et que le coût liés à l'ajout de relais, soit minimum. Dans notre cas, nous étudions le problème de 3-chemins disjoints étudié pour la première fois (noté 3NDPR).

## 2 Une heuristique par perturbation du voisinage

Dans ce travail, nous proposons une méthode approchée pour la résolution du problème 3NDPR. Cette méthode s'appuie sur la combinaison deux phases principales : (a) une phase de construction qui permet de mettre en œuvre une stratégie permettent de produire une solution comportant le maximum d'arêtes communes entre les différents chemins et, (b) une phase d'optimisation qui sert à diversifier et intensifier la recherche autour de la solution courante.

### 2.1 Configurations pour le 3NDPR

Cette phase se décompose en deux étapes. Une première étape qui est dédiée à la construction d'une solution de départ pour le 3NDPR et la deuxième étape s'intéresse à la reconstruction d'une solution en partant d'une solution partielle.

*Étape 1.* Elle détermine une solution de départ en appliquant le processus suivant : (i) pour chacun des  $k$  produits à transmettre, relier les nœuds de départs et arrivés en considérant le plus court chemin, tout en négligeant les points relais, (ii) d'une façon séquentielle, lors de la construction des chemins, favoriser les tronçons communs pour les différents produits (informations) et, (iii) pour chacun des chemins construits, positionner les relais pour obtenir une solution admissible de départ pour le 3NDPR.

*Étape 2.* Cette partie de la première phase suppose l'existence d'une solution partielle (pas nécessairement réalisable). Une procédure est utilisée afin de tenter des insertions de tronçons entre différents sommets du réseau permettant ainsi de rendre la solution partielle réalisable. Pour chaque sous-ensemble de tronçons, en partant d'un nœud de départ  $k \in K$  et à partir du dernier sommet représentant le sous-chemin de  $o(k)$ , une tentative de reconstruction est appliquée pour produire un acheminement réalisable. Finalement, pour chacun des nouveaux acheminements produits, une mise à jour des relais sera appliquée.

## 2.2 Perturbation d'une solution et ré-optimisation

Une diversification a pour but de changer la direction de recherche du processus courant et donc, de tenter d'explorer d'autres sous-espaces de recherche. Nous avons adapté une méthode, combinant deux procédures, qui s'appuie sur la perturbation des solutions : (i) destruction d'une partie de la solution courante, et (ii) reconstruction d'une nouvelle solution.

La première procédure s'intéresse à perturber les chemins auparavant créés, en supprimant  $\alpha\%$  de tronçons d'une façon aléatoire (ou d'une façon ciblée). La deuxième procédure de reconstruction tente de compléter, dans un premier temps, la solution partielle obtenue après destruction (cette procédure représente la deuxième étape de la phase de construction résumée dans la Section 2.1), puis de tenter une amélioration par application d'un processus d'interchange entre les relais à placer sur la solution courante (intensification), dans un deuxième temps. Finalement, cette façon de faire est réitérée jusqu'à l'exploration d'un nombre maximum de voisinages (diversifications) ou en limitant un temps d'exécution global pour l'arrêt.

## 3 Résultats préliminaires

Nous avons fait une première sélection sur les instances de la littérature, comportant des instances de moyenne et grande tailles. Cette méthode a été testée sur ces instances (extraites d'instances 2NDPR de Konak *et al.* [3]). Deux types d'instances ont été considérés : des instances de taille moyenne et des instances de taille plus importante. Globalement, sur l'ensemble des résultats préliminaires obtenus, l'approche arrive à égaler une bonne partie de la valeur des solutions disponibles dans la littérature et parfois elle améliore la qualité des solutions de certaines instances, en particulier celles de grande taille. Notons que les résultats obtenus par l'approche sont aussi comparés aux résultats obtenus par le solveur Cplex.

## Références

- [1] E. A. Cabral, E. Erkut, G. Laporte and R. A. Patterson. The network design problem with relays. *European Journal of Operational Research*, vol. 180(2), pp. 834–844, 2007.
- [2] A. Konak. Network design problem with relays : a genetic algorithm with a path-based crossover and a set covering formulation. *European Journal of Operational Research*, vol. 218(3), pp. 829–837, 2012.
- [3] A. Konak, S. Kulturel-Konak and A. Smith. Two-edge disjoint survivable network design problem with relays. In *J.W. Chinneck, B. Kristjansson and M. Saltzman (Eds.) Operations Research and Cyber-Infrastructure* (Operations Research/Computer Science Interfaces Series) vol. 47. New York, USA., Springer, 2009.