

# Optimisation des stratégies d'interconnexion en contexte de tarification au "top percentile"

Matthieu Chardy<sup>1</sup>, Adam Ouorou<sup>1</sup>

Orange Labs ; 38-40, rue du général Leclerc, 92130, Issy les Moulineaux  
{matthieu.chardy,adam.ouorou}@orange-ftgroup.com

Mots-Clés : optimisation tarifaire, allocation de trafic, programmation linéaire en nombres entiers.

## 1 Introduction

Internet est un réseau mondial composé de milliers de sous-réseaux connectés mais indépendants, appelés Systèmes Autonomes (AS). Chaque AS choisit à la fois ses stratégies d'interconnexion et d'allocation de son trafic. De ces décisions découlent les flux financiers entre AS : se pose donc la question de l'optimisation de leur revenu. La première étape de contractualisation d'un accord d'interconnexion entre AS consiste à déterminer quel AS doit être considéré comme client (respectivement fournisseur). Ces dernières années, de nombreux travaux ont focalisé sur la mise au point d'algorithmes de ranking des AS pour en déterminer leur rôle, cf par exemple [5, 7]. Concernant les échanges de données entre opérateurs (l'interconnexion data), le mode tarifaire le plus utilisé est la tarification au top percentile. Il est défini ainsi par Levy et al. [6] : chaque période de facturation est divisée en intervalles ; les trafics échangés y sont mesurés ; l'AS client est alors facturé un trafic égal au volume de trafic de l'intervalle correspondant au percentile spécifié dans son contrat. Dans ces conditions, la tarification au top percentile doit être vue comme une tarification au forfait a posteriori. Les travaux présentés abordent la résolution exacte du problème d'optimisation conjointe du choix des accords d'interconnexion et celle de la politique d'allocation de trafic d'un AS client lorsque le mode tarifaire sous-jacent aux accords d'interconnexion est la tarification au percentile.

## 2 Problématique

La problématique d'optimisation des stratégies d'interconnexion d'un AS client définie en section 1 peut se décrire sur base des notations suivantes. Soit  $N$  l'ensemble des AS fournisseurs ( $n \in N$ ), chacun d'entre eux proposant un ensemble de contrats noté  $I_n$  ( $\cup_{n \in N} I_n = I$ ). Soit  $T$  l'ensemble des intervalles de la période de facturation,  $a^t$  définissant le trafic total de l'AS client sur chacun d'entre eux. Les contrats dits "au top percentile" sont eux décrits par les 4 paramètres  $(\alpha_i, f_i, g_i, p_i)$  qui représentent respectivement le nombre de périodes non facturées, le coût de signature du contrat, le trafic non facturé par intervalle et le tarif unitaire de percentile. Dans un tel contexte le multi-routage est autorisé et nous notons  $x_i^t$  la fraction du trafic de l'intervalle  $t$  allouée au contrat  $i$  et désignons par  $u_i$  la variable booléenne traduisant le fait que l'AS client choisit (ou non) le contrat  $i$ . Enfin, le trafic facturé au percentile sera noté  $y_i$  pour un tel contrat.

Une formulation brute de notre problème d'optimisation des stratégies d'interconnexion est donnée ci-dessous :

$$\min_{u,x,y} \sum_{i \in I} u_i f_i + p_i (y_i - g_i)^+ \quad (1)$$

$$s.c \quad \sum_{i \in I} x_i^t = 1, \quad t \in T, \quad (2)$$

$$\sum_{t \in T} \chi_{\{a^t x_i^t > y_i\}} \leq \alpha_i, \quad i \in I, \quad (3)$$

$$0 \leq y_i \leq a_m, \quad i \in I, \quad (4)$$

$$u_i \in \{0, 1\}, \quad i \in I, \quad (5)$$

$$0 \leq x_i^t \leq u_i, \quad i \in I, t \in T. \quad (6)$$

où :

- $a_m$  correspond au trafic maximum observé sur la période de facturation ( $a_m = \max_{t \in T} a^t$ )
- $\chi$  représente la fonction indicatrice,  $\chi_{\{a^t x_i^t > y_i\}}$  valant 1 si  $a^t x_i^t - y_i > 0$  et 0 sinon ;
- $(z)^+$  représente la fonction partie positive,  $\max(0, z)$

Plusieurs formulations linéaires en nombres entiers sont proposées pour modéliser ce problème décisionnel basées à la fois sur la caractérisation d'une classe de solutions optimales du sous-problème d'allocation de trafic et la caractérisation partielle de solutions du problème global.

Des algorithmes dédiés, basés sur le paradigme du Branch & Bound, ont été mis au point pour chaque formulation.

### 3 Expérimentations

Les formulations et méthodes de résolution proposées ont été évaluées sur un ensemble d'instances réelles issues des services Marketing d'Orange, la résolution des MIP et/ou relaxation continues que nécessitent ces algorithmes se faisant via le solveur GLPK [2].

L'ensemble de ces résultats seront présentés et analysés, insistant sur les avantages et inconvénients des différentes formulations, ainsi que sur les gains qu'a permis chaque étape de reformulation ou réduction de notre problème.

### Références

- [1] A. Akella, B. Maggs, S. Seshan, A. Shaikh, and R. Sitaraman. A measurement-based analysis of multihoming. Proceedings of the 2003 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications, 2003.
- [2] GLPK. <http://www.gnu.org/software/glpk/>.
- [3] David K. Goldenberg, Lili Qiu, Haiyong Xie, Yang Richard Yang, and Yin Zhang. Optimizing cost and performance for multihoming. Proceedings of the ACM SIGCOMM'04, 2004.
- [4] F. Guo, J. Chen, W. Li, and T. Chiueh. Experiences in building a multihoming load balancing system. Proceedings of IEEE INFOCOM'04, 2004.
- [5] G. Huston. Interconnection, peering and settlements - part i. The Internet Protocol journal, 1999.
- [6] J. Levy, H. Levy, and Y. Kahana. Top percentile network pricing and the economics of multihoming. Annals of Operations Research, 146, 2006.
- [7] M. Meulle. Inférence des accords économiques et des politiques de routage dans l'internet. Ph. D Thesis, Blaise Pascal University, 2007.