



**HAL**  
open science

## Interférences multiples et coloration d'hypergraphes

Alexandre Gondran, Alexandre Caminada, Oumaya Baala

► **To cite this version:**

Alexandre Gondran, Alexandre Caminada, Oumaya Baala. Interférences multiples et coloration d'hypergraphes. ROADEF'08, Feb 2008, Clermont-Ferrand, France. pp.213-214. hal-00268852v2

**HAL Id: hal-00268852**

**<https://hal.science/hal-00268852v2>**

Submitted on 2 Apr 2008 (v2), last revised 4 Apr 2008 (v3)

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Interférences multiples et coloration d'hypergraphes

A. Gondran A. Caminada et O. Baala

Laboratoire SeT, UTBM, 90010, Belfort CEDEX  
[alexandre.gondran;alexandre.caminada;oumaya.baala]@utbm.fr

## 1 Introduction

L'affectation de fréquences est un problème majeur pour la planification de réseaux radio. Il a pour objectif de limiter les interférences qui dégradent la Qualité de Service du réseau en limitant sa couverture et sa capacité. Cependant, il n'est souvent pas possible d'éviter les interférences, le but est donc de les répartir au mieux dans l'espace.

Les problèmes d'affectation de fréquences sont souvent modélisés par des problèmes de k-coloration ou de T-coloration de graphe [1] [2]. Cependant, la notion de graphe est restrictive car elle correspond à des relations binaires sur des ensembles. Or les interférences sont souvent multiples; elles proviennent de plusieurs émetteurs à la fois et ce sont leurs combinaisons qui pénalisent le réseau. Une modélisation du réseau par un hypergraphe [3] donne une représentation plus réaliste.

On rappelle d'abord le problème d'affectation de fréquences dans les réseaux *Wireless Local Area Networks (WLAN)* de type 802.11b/g. Nous présentons le calcul du SINR qui permet de construire l'hypergraphe. Enfin les résultats d'un algorithme d'affectation de fréquences montrent les performances de l'approche hypergraphe par rapport à une approche T-coloration.

## 2 Affectation de fréquence en WLAN

- Soient  $I$  l'ensemble des point d'accès (AP),  $|I| = n$  et  $J$  l'ensemble des stations usagers du réseau,  $|J| = m$ .
- Soit  $p_{ij}$  la puissance du signal reçue par la station  $j$  depuis l'AP  $i$ . Si  $p_{ij} < -110dBm$  la station  $j$  ne perçoit pas l'AP  $i$ .  $p_{i^*j}$  est la puissance reçue par la station  $j$  depuis son AP serveur  $i^*$ . En général,  $p_{i^*j}$  est la puissance du meilleur signal reçu. Les autres signaux sont des brouilleurs. L'ensemble des stations communiquant avec le même AP  $i$  est appelé Basic Set Service ( $BSS_i$ ).
- Soit  $d_j^{STA}$  la demande en débit (en kbps) souhaitée par la station  $j$ . La demande au niveau de la BSS  $i$  est donc :  $d_i^{BSS} = \sum_{j \in BSS_i} d_j^{STA}$
- Soit  $x_i$  le numéro du canal de fréquence affecté à l'AP  $i$ .

Pour la norme IEEE 802.11b/g, il existe 14 canaux de fréquences dont 13 sont disponibles en France. Ces canaux se chevauchent; on définit alors  $\gamma$  le rapport de protection entre 2 canaux de fréquences. Lorsque 2 canaux sont indépendants,  $\gamma = 0$  et la protection est totale. Si les signaux utilisent le même canal  $\gamma = 1$  et le brouillage est maximal. Entre ces deux valeurs le rapport de protection dépend du gabarit des canaux.

L'objectif du problème d'allocation de fréquences [4] est d'attribuer un canal de fréquence à chaque AP en vérifiant les contraintes de Qualité de Service (QoS) :  $\forall i \in I, d_i^{BSS} \leq d_i^{AP}$  avec  $d_i^{AP}$  la capacité (en kbps) que peut écouler l'AP  $i$ , cette capacité dépend de l'affectation des fréquences.

## 3 Signal to Interference plus Noise Ratio - SINR

Pour simplifier l'exposé, on se limitera aux interférences descendantes (de l'AP vers les stations) sachant qu'il est possible de généraliser les définitions présentées aux interférences montantes (des stations vers l'AP).

Pour mesurer les interférences en un point d'un réseau, on calcule le rapport signal à interférences plus bruit (*SINR*). On rappelle la définition du *SINR* au niveau d'une station  $j$ .

$$SINR_j = \frac{p_{i^*j}}{\sum_{i \neq i^*} p_{ij} \gamma (|x_{i^*} - x_i|) + N}$$

avec  $N$  la puissance du bruit thermique ambiant égale  $-100dBm$  à  $25^{\circ}C$ . La formule est valable pour des puissances exprimées en *Watt*.

Pour satisfaire les demandes de QoS, on montre qu'il suffit de vérifier que tous les usagers d'une même BSS  $i$  ont un niveau de *SINR* supérieur à  $k_i$  dépendant de  $d_i^{BSS}$ . Ainsi on a  $m$  contraintes :  $\forall j \in J, \exists k_{i^*}, SINR_j \geq k_{i^*}$  avec  $i^*$  l'AP serveur de la station  $j$ . En tenant compte de la définition du *SINR*, ces  $m$  contraintes, notées  $C_j$ , deviennent :

$$\forall j \in J, \sum_{i \neq i^*} p_{ij} \gamma(|x_{i^*} - x_i|) \leq \frac{p_{i^*j}}{k_{i^*}} - N \quad (1)$$

## 4 Modélisation en hypergraphe

Soit une famille  $\xi = \{E_1, E_2, \dots, E_m\}$  de parties de  $I$  tel que  $E_j = \{i \in I / p_{ij} \geq -110dBm\}$ . Soit l'hypergraphe  $H(I, \xi)$ . L'arête  $E_j$  contient l'AP serveur de la station  $j$  ainsi que tous ses AP brouilleurs.

Chacune des  $m$  contraintes  $C_j$  de (1) est associée à une arête  $E_j$  de l'hypergraphe  $H(I, \xi)$ .

Remarquons que l'on peut déduire des contraintes (1) :

$$\forall j \in J, \forall i \in E_j \setminus \{i^*\}, |x_{i^*} - x_i| \geq \gamma^{-1} \left( \left( \frac{p_{i^*j}}{k_{i^*}} - N \right) / (\alpha p_{ij}) \right) \quad (2)$$

avec  $\alpha = 1$  ; ainsi le problème est sous-contraint. Inversement si  $\alpha = |E_j| - 1$  (=nombre de brouilleurs de la station  $j$ ), alors les contraintes (2) impliquent les contraintes (1) ; le problème est sur-contraint. Dans ces deux cas le problème a été ramené à un problème de T-coloration (sous-contraint ou sur-contraint).

## 5 Exemple et résultats

Pour évaluer une solution  $\mathbf{x} = (x_1, x_1, \dots, x_n)$ , on affecte une pénalité  $p_j$  à chaque contrainte  $C_j$  non satisfaites par la solution. La fitness est alors :  $f(\mathbf{x}) = \sum_{j \in J} p_j \delta_{C_j}$  avec  $p_j = d_{i^*}^{BSS}$  et  $\delta_{C_j} = \begin{cases} 0 & \text{si } C_j \text{ est vérifiée} \\ 1 & \text{sinon} \end{cases}$ .

Sur plusieurs environnements réels où l'on fait varier le nombre d'AP et le nombre de stations, on compare la satisfaction de la QoS ( $\forall i \in I, d_i^{BSS} \leq d_i^{AP}$ ) obtenue par cette approche qui tient compte des interférences multiples avec des approches plus classiques de T-coloration [5] [6] qui ne tiennent compte que d'interférences binaires.

Ces premiers résultats montrent que l'approche par les interférences multiples donne de bien meilleurs résultats que par des interférences binaires. Cette généralisation du problème de coloriage de graphes aux hypergraphes a été intégrée à une application de planification de réseau sans fils de type WiFi dont le modèle est publiée dans [7].

## Références

1. Hale W. K., *Frequency assignment : Theory and applications*, Proceedings of the IEEE 68 :1497-1514, 1980.
2. Roberts F. S., *T-Colorings of graphs : Recent results and open problems*, Discrete Mathematics 93(2-3) :229-245, November 1991.
3. Berge C., *Graphes et hypergraphes*. Dunod Université, Série Violette, No. 604. Dunod, Paris-Brussels-Montreal, 1973(Deuxième édition) 516 pp.
4. J. Riihijärvi, M. Petrova, P. Mähönen : *Frequency allocation for WLANs using graph colouring techniques*, Ad Hoc and Sensor Wireless Networks
5. Dorne, R., and Hao, J.K., *Tabu Search for Graph Coloring, T-coloring and Set T-coloring*, in I.H. Osman, et al. (eds.), *Metaheuristics 98 : Theory and Applications*, Kluwer Academic Publishers, 1998.
6. Costa D., *On the use of some known methods for T-colorings of graphs*. Annals of. Operations Research 41 (1993), 343-358.
7. Gondran A., Caminada A., Fondrevelle J., Baala O., *Wireless LAN planning : a didactical model to optimise the cost and effective payback*. International Journal of Mobile Network Design and Innovation 2007 - Vol. 2, No.1 pp. 13 - 25