



**HAL**  
open science

## Routage efficace en puissance dans les réseaux sans fils

Pierre Gérold, Florence Alberge, Pierre Duhamel

► **To cite this version:**

Pierre Gérold, Florence Alberge, Pierre Duhamel. Routage efficace en puissance dans les réseaux sans fils. GRETSI 2013, Sep 2013, Brest, France. hal-01849622

**HAL Id: hal-01849622**

**<https://hal.science/hal-01849622v1>**

Submitted on 26 Jul 2018

**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.

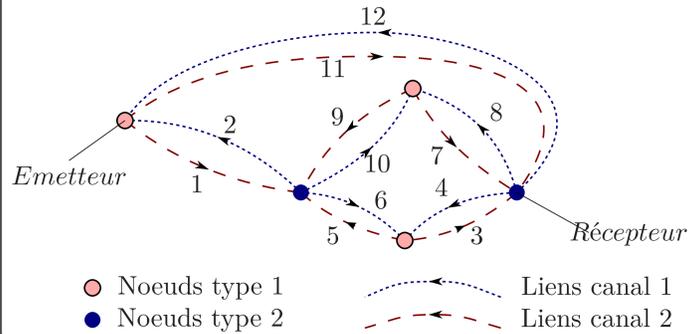
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Router dans un réseau sans fil

- Objectifs**
- Modéliser le routage et l'allocation de puissance dans un réseau sans fils
  - Trouver la route qui permet d'acheminer un flot de données à travers le réseau en utilisant le moins de puissance possible.

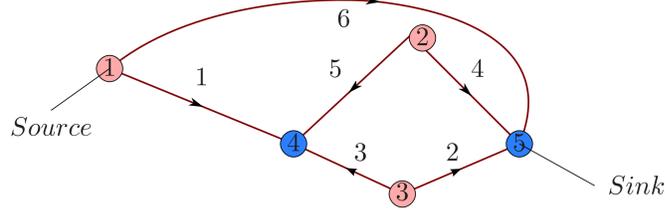
- Hypothèses**
- Utilisation de tous les liens disponibles via la division des flots entre plusieurs chemins.
  - Prise en compte exacte de l'interférence générée par chaque communication.

### Exemple de réseau: un graph pour les communications



## Proposer un routage

### Un modèle graph pour le routage



### Exprimer la conservation du débit

Les  $L$  colonnes correspondent aux liens

$$N \text{ noeuds} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \\ s_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0.5 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M} \cdot \mathbf{s} = \mathbf{q}$$

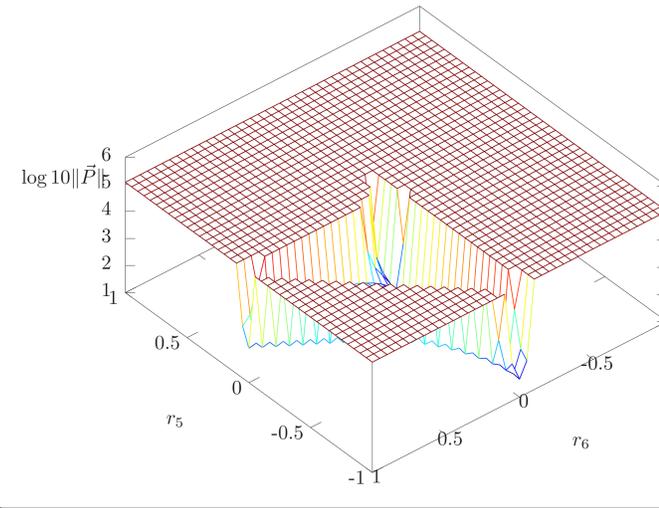
$N - 1$  équations de contraintes indépendantes

### Générer tout les routages respectant la contrainte

$$\mathbf{r} = \omega(\mathbf{K} \mathbf{s}_{[c]} + \mathbf{b})$$

$L - N + 1$  variables de routages

## Critère à optimiser



## Stratégies d'optimisations

### Optimisations convexes itératives

**Principe** à l'iteration  $i$  considérer l'interférence fixe SINR approché

$$\gamma(r_l) = \frac{G_{ll} p_l}{n_l + \sum_{k=0, k \neq l}^L G_{kl} p_l [i-1]}$$

**Expression de la puissance**

$$\mathbf{p}[i] = \mathbf{\Gamma}(\mathbf{r}) \mathbf{H} \mathbf{p}[i-1] + \mathbf{\Gamma}(\mathbf{r}) \mathbf{h}$$

**Algorithme** Résoudre le problème de minimisation avec l'expression approché de la puissance.  $\mathbf{p}[i]$  est réglé à la valeur solution de l'optimisation. Passer à l'iteration  $i + 1$

### Optimisations approchées successives convexes

**Principe** trouver une approximation convexe du critère, en excès, égale au critère réel en un point arbitraire.

### Le critère approché

$$\hat{J}_{\mathbf{w}}(\mathbf{r}) = \mathbf{w}^T \cdot (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{\Gamma}}^{\hat{\mathbf{r}}}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{H})^{-1} \cdot \hat{\mathbf{\Gamma}}^{\hat{\mathbf{r}}}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{h}$$

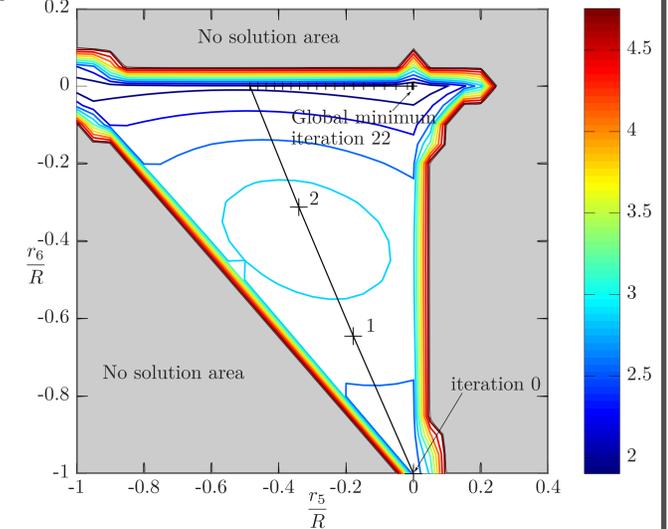
$$\hat{\mathbf{\Gamma}}^{\hat{\mathbf{r}}}(\mathbf{r}) = \text{diag}(\hat{\gamma}^{\hat{r}_1}(r_1), \hat{\gamma}^{\hat{r}_2}(r_2), \dots, \hat{\gamma}^{\hat{r}_L}(r_L))$$

$$\hat{\gamma}^{\hat{r}_0} = r \rightarrow (e^{r_0} - 1) \cdot e^{\frac{r-r_0}{1-e^{-r_0}}}$$

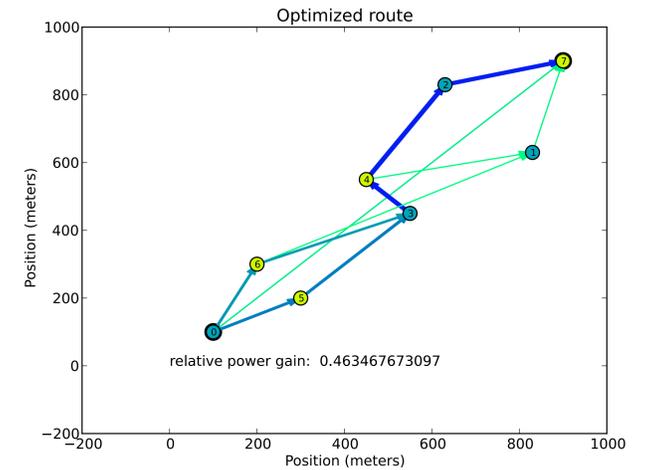
**Algorithme** Initialiser au hasard sur un routage. Résoudre le problème de minimisation pour le critère approché convexe. Le routage obtenu devient le nouveau point d'approximation. Recommencer jusqu'à la convergence.

## Simulations

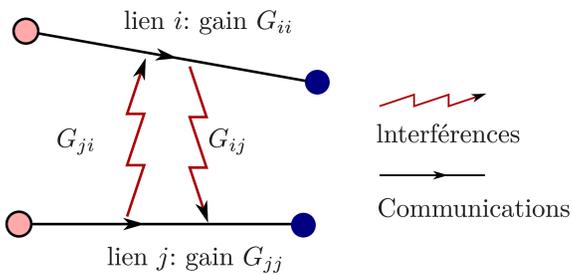
### Optimisations convexes itératives



### Optimisations approchées convexes successives



## Transmission CDMA asynchrones



### Gain des liens et gains d'interférences

$$\begin{cases} \text{si } l = k & G_{ll} = \underbrace{K_c}_{\text{Gain de codage}} K_a \left( \frac{d_0}{d_{ll}} \right)^\gamma F_{ll} \\ \text{si } l \neq k & G_{kl} = \underbrace{K_a \left( \frac{d_0}{d_{kl}} \right)^\gamma}_{\text{Atténuation par propagation}} \underbrace{F_{kl}}_{\text{Terme aléatoire du canal}} \end{cases}$$

### Capacité des liens

$$\gamma(r_l) = \text{SINR}_l = \frac{G_{ll} p_l}{n_l + \sum_{k=0, k \neq l}^L G_{kl} p_l}$$

$$\gamma : r \rightarrow e^r - 1$$

## Le problème d'optimisation

### Le vecteur de puissance correspondant à un routage

$$\begin{bmatrix} 1 & -\frac{G_{12} \gamma(r_1)}{G_{11}} & \dots & -\frac{G_{1L} \gamma(r_1)}{G_{11}} \\ -\frac{G_{21} \gamma(r_2)}{G_{22}} & 1 & \dots & -\frac{G_{2L} \gamma(r_2)}{G_{22}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\frac{G_{L1} \gamma(r_L)}{G_{LL}} & -\frac{G_{L2} \gamma(r_L)}{G_{LL}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{n_1 \gamma(r_1)}{G_{11}} \\ \frac{n_2 \gamma(r_2)}{G_{22}} \\ \vdots \\ \frac{n_L \gamma(r_L)}{G_{LL}} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{\Gamma}(\mathbf{r}) = \text{diag}(\gamma(r_1), \gamma(r_2), \dots, \gamma(r_L))$$

$$(\mathbf{I} - \mathbf{\Gamma}(\mathbf{r}) \mathbf{H}) \cdot \mathbf{p} = \mathbf{\Gamma}(\mathbf{r}) \mathbf{h}$$

Le vecteur de puissance  $\mathbf{p}$  associé à un routage  $\mathbf{r}$

$$\mathbf{p} = (\mathbf{I} - \mathbf{\Gamma}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{H})^{-1} \cdot \mathbf{\Gamma}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{h}$$

### Le problème d'optimisation

$$\min_{\mathbf{r}, \mathbf{s}} \mathbf{w}^T \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{\Gamma}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{H})^{-1} \cdot \mathbf{\Gamma}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{h}$$

sous la contrainte:  $\mathbf{r} = \omega(\mathbf{K} \mathbf{s}_{[c]} + \mathbf{b})$

Ce problème n'est pas convexe

## Références

- [1] L.O. Chua. *Computer-aided analysis of electronic circuits*. Prentice-Hall Series in Electrical and Computer Engineering, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1975.
- [2] M. Johansson, L. Xiao, and S. Boyd. Simultaneous routing and power allocation in CDMA wireless data networks. In *IEEE International Conference on Communications*, volume 1, pages 51-55. IEEE, 2003.
- [3] D. Julian O'Neill and S. Boyd. Seeking Foschini's genie: optimal rates and powers in wireless networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2004.
- [4] J. Papandriopoulos and J.S. Evans. SCALE: a low-complexity distributed protocol for spectrum balancing in multiuser DSL networks. *Information Theory, IEEE Transactions on*, 55(8):3711-3724, 2009.