

RECHERCHE 7

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES DE LYON

Apport du contrôle de puissance et de modulation aux réseaux radio maillés

Anis Ouni, Hervé Rivano and Fabrice Valois

AlgoTel'12

30 Mai 2012

Plan

Contexte de l'étude

- . Présentation des réseaux radio maillées
- . Problématiques
- . Travaux existants
- . Motivation

Méthodologie

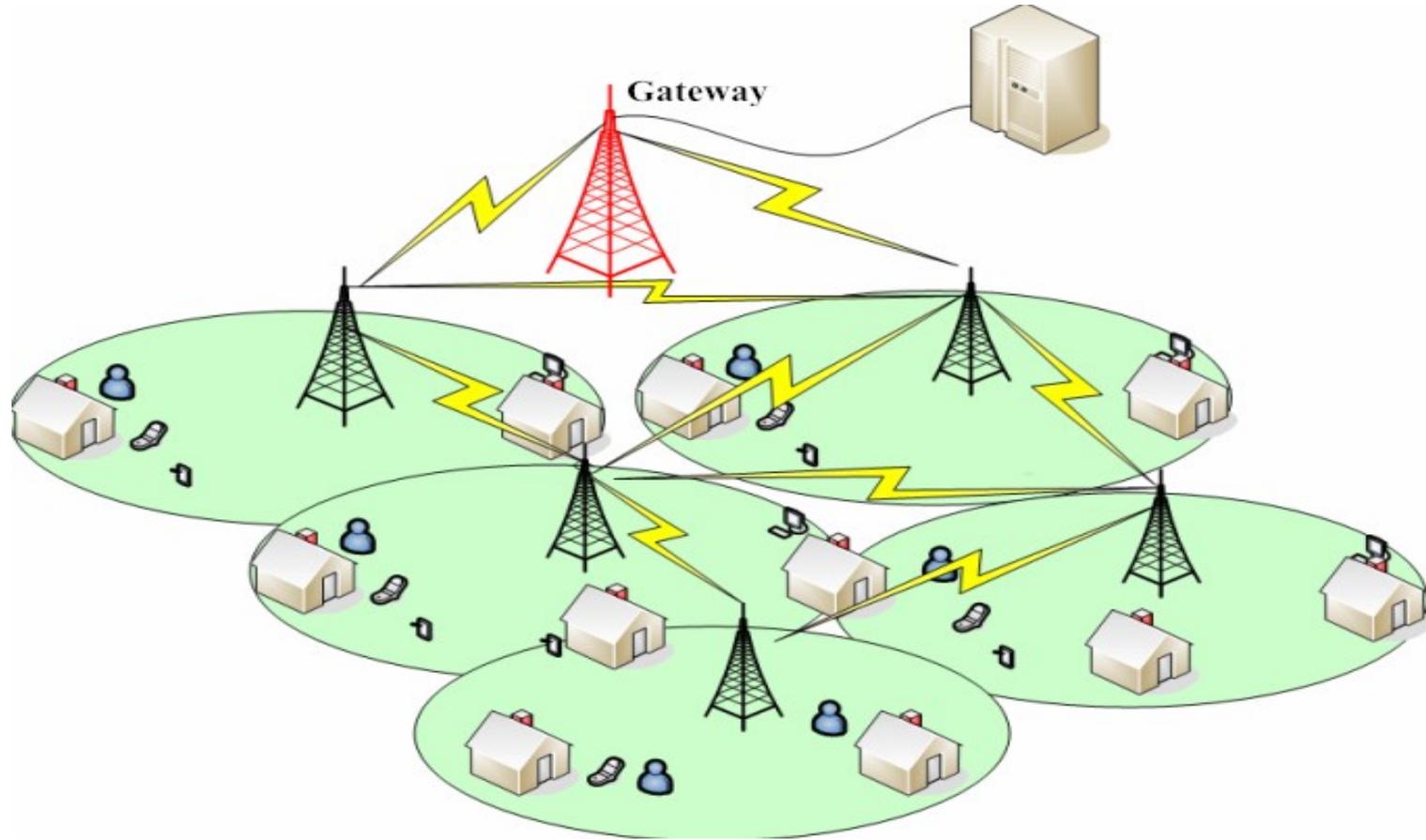
- . Modélisation
- . Formulation

Étude de performances

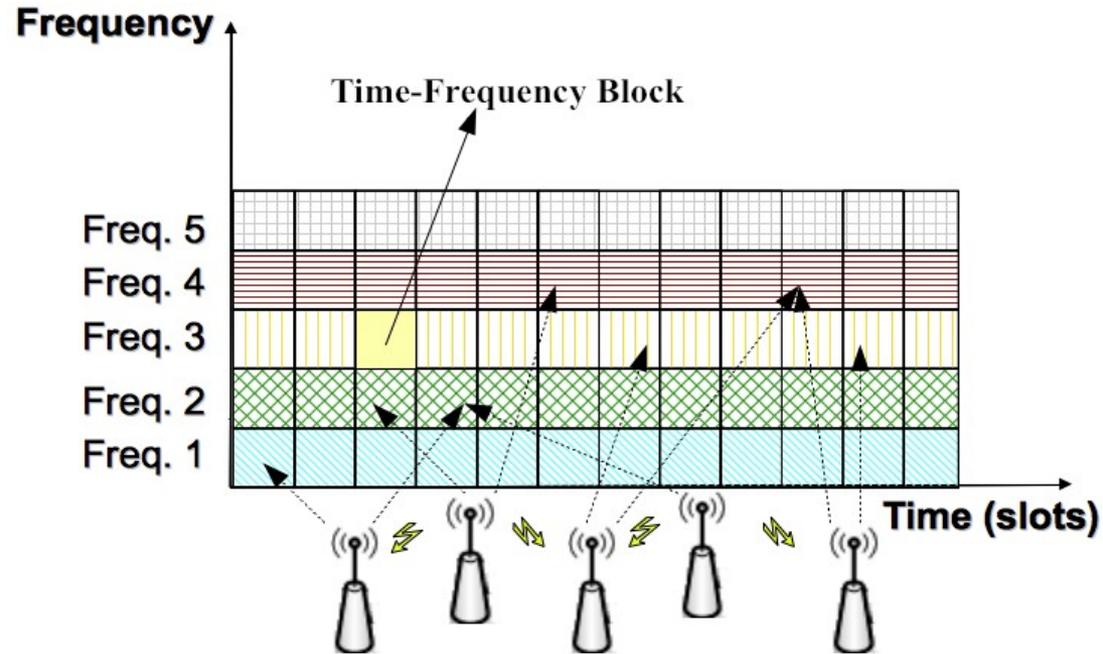
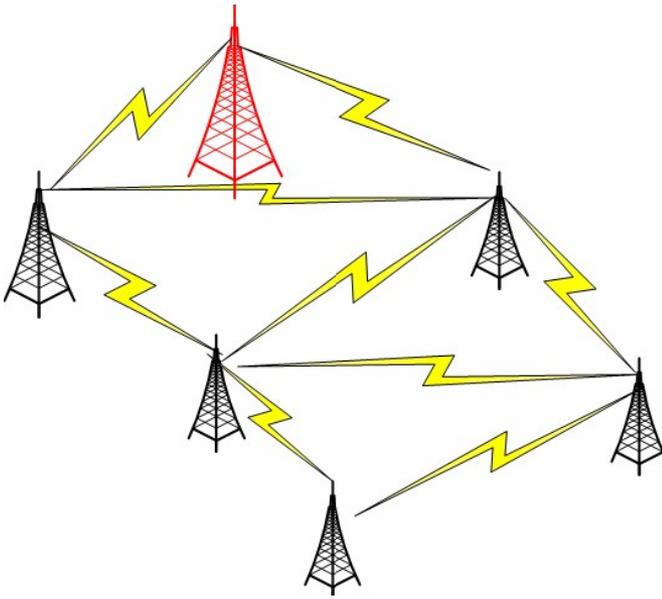
Conclusions et perspectives

Introduction & Architecture

WMN, resource temps-fréquence, étude de dorsale



Problématique



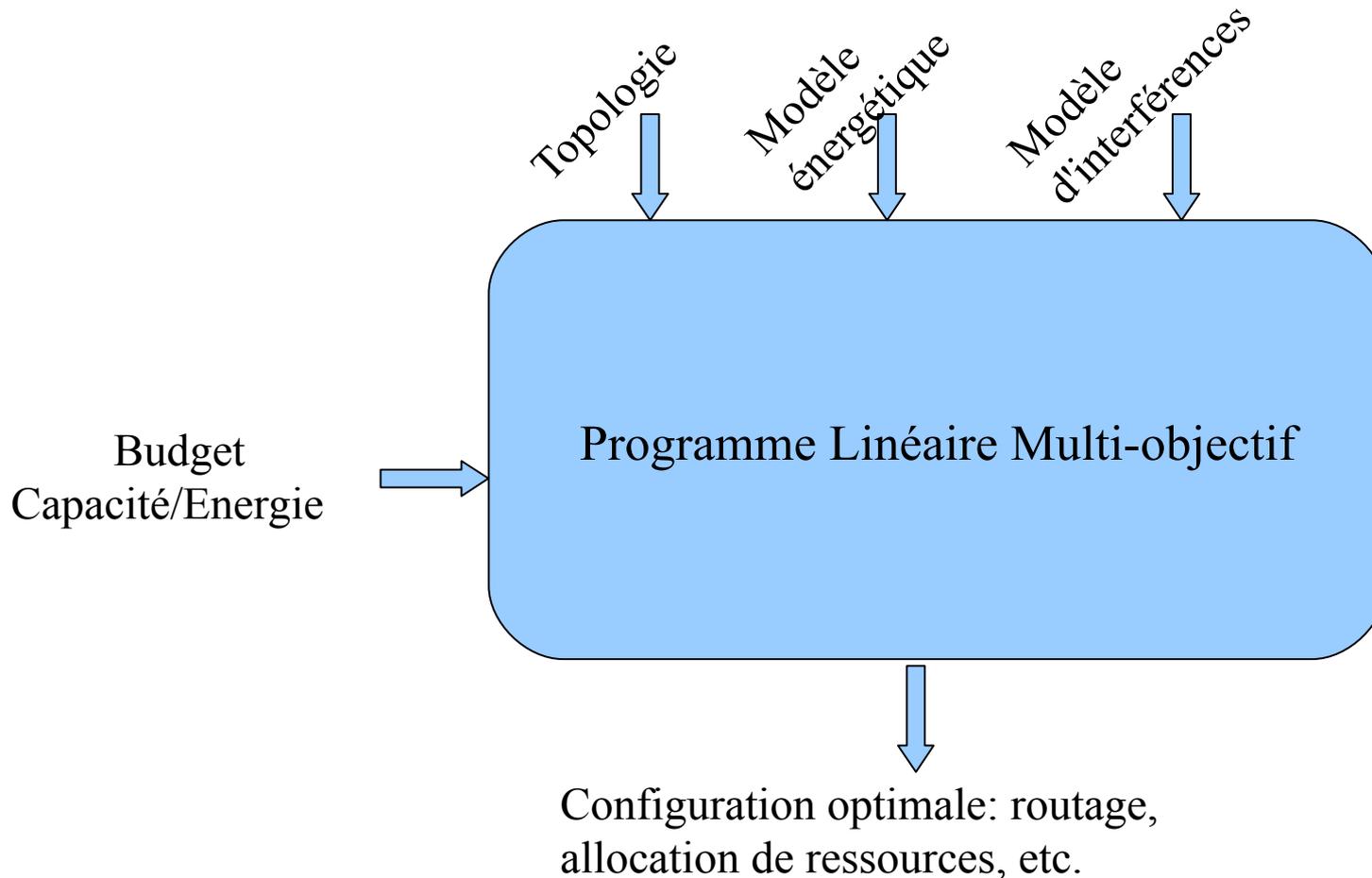
1. Maximiser la capacité → supporter haute demande
2. Minimiser la consommation d'énergie → pollution magnétique et coût globale de facture

➡ **Compromis capacité-énergie**

Travaux annexes

- Etude de capacité dans les réseaux radio : Ad-hoc, Maillés, Capteurs
 - Réutilisation spatiale
 - Ordonnancement + routage
 - Contrôle de puissance
- Minimisation de la consommation énergétique: réseau de capteurs
 - Endormissement
 - Contrôle de puissance
 - Agrégation de données
 - ...
- Réutilisation spatiale + contrôle de puissance : débit, consommation globale d'énergie

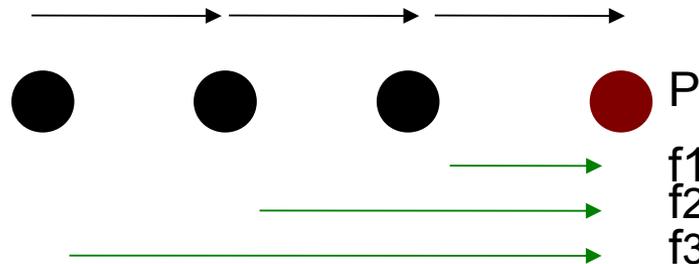
Notre approche : optimisation multi-objectif



Optimisation de la capacité

- . Minimiser le temps requis pour servir toutes les demandes de trafics
→ Minimiser T → Maximiser la capacité:

$$\text{Capacité du réseau} = \frac{\sum \text{Trafic reçu par la passerelle}}{T}$$



Programme Linéaire

Compromis capacité-énergie

- Maximiser la capacité avec une contrainte énergétique
- Minimiser la consommation énergétique avec une contrainte de capacité

Entrée :

- Graphe de connexion (V_r U V_g , E)
- Demande de trafic $d(r)$, $r \in V_r$
- Capacité de lien et modèle de consommation énergétique
- Ensemble de chemin
- Budget en capacité/énergie

Sortie :

- Routes entre V_r et V_g
- Ensemble de transmission (configuration: ensemble de transmission qui peut être activé ensemble)
- Poids de configurations $W : F \rightarrow \mathbb{R}$

Formulation

$$\min \sum_F w(F)$$

$$\forall e \in E \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{DL}, P \ni e} f_{DL}(P) + \sum_{P \in \mathcal{P}_{UL}, P \ni e} f_{UL}(P) \leq \sum_{F \in \mathcal{F}, F \ni e} c_e(F) w(F)$$

$$\sum_F w(F) j(F) \leq J$$

$$\forall r \in V_r \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{DL}^r} f_{DL}(P) = d_{DL}(r)$$

$$\forall r \in V_r \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{UL}^r} f_{UL}(P) = d_{UL}(r)$$

Capacité = $\sum d(r) / \sum W(F)$

Contrainte de capacité

Budget énergétique

Contraintes de la demande

Formulation

$$\min \sum_F w(F)$$

$$\forall e \in E \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{DL}, P \ni e} f_{DL}(P) + \sum_{P \in \mathcal{P}_{UL}, P \ni e} f_{UL}(P) \leq \sum_{F \in \mathbf{F}, F \ni e} c_e(F) w(F)$$

$$\sum_F w(F) j(F) \leq J$$

$$\forall r \in V_r \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{DL}^r} f_{DL}(P) = d_{DL}(r)$$

$$\forall r \in V_r \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{UL}^r} f_{UL}(P) = d_{UL}(r)$$

$$\min \sum_F w(F) j(F)$$

$$\forall e \in E \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{DL}, P \ni e} f_{DL}(P) + \sum_{P \in \mathcal{P}_{UL}, P \ni e} f_{UL}(P) \leq \sum_{F \in \mathbf{F}, F \ni e} c_e(F) w(F)$$

$$\sum_F w(F) \leq T$$

$$\forall r \in V_r \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{DL}^r} f_{DL}(P) = d_{DL}(r)$$

$$\forall r \in V_r \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{UL}^r} f_{UL}(P) = d_{UL}(r)$$

Formulation

$$\min \sum_F w(F)$$

$$\forall e \in E \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{DL}, P \ni e} f_{DL}(P) + \sum_{P \in \mathcal{P}_{UL}, P \ni e} f_{UL}(P) \leq \sum_{F \in \mathcal{F}, F \ni e} c_e(F) w(F)$$

$$\sum_F w(F) j(F) \leq J$$

$$\forall r \in V_r \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{DL}^r} f_{DL}(P) = d_{DL}(r)$$

$$\forall r \in V_r \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{UL}^r} f_{UL}(P) = d_{UL}(r)$$

$$\min \sum_F w(F) j(F)$$

$$\forall e \in E \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{DL}, P \ni e} f_{DL}(P) + \sum_{P \in \mathcal{P}_{UL}, P \ni e} f_{UL}(P) \leq \sum_{F \in \mathcal{F}, F \ni e} c_e(F) w(F)$$

$$\sum_F w(F) \leq T$$

$$\forall r \in V_r \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{DL}^r} f_{DL}(P) = d_{DL}(r)$$

$$\forall r \in V_r \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{UL}^r} f_{UL}(P) = d_{UL}(r)$$

Nombre de contraintes: # noeuds + # liens → OK

Nombre de Variables: # routes P + # Config F → exponentielle

Formulation

$$\min \sum_F w(F)$$

$$\forall e \in E \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{DL}, P \ni e} f_{DL}(P) + \sum_{P \in \mathcal{P}_{UL}, P \ni e} f_{UL}(P) \leq \sum_{F \in \mathcal{F}, F \ni e} c_e(F) w(F)$$

$$\sum_F w(F) j(F) \leq J$$

$$\forall r \in V_r \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{DL}^r} f_{DL}(P) = d_{DL}(r)$$

$$\forall r \in V_r \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{UL}^r} f_{UL}(P) = d_{UL}(r)$$

$$\min \sum_F w(F) j(F)$$

$$\forall e \in E \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{DL}, P \ni e} f_{DL}(P) + \sum_{P \in \mathcal{P}_{UL}, P \ni e} f_{UL}(P) \leq \sum_{F \in \mathcal{F}, F \ni e} c_e(F) w(F)$$

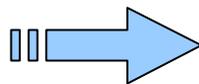
$$\sum_F w(F) \leq T$$

$$\forall r \in V_r \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{DL}^r} f_{DL}(P) = d_{DL}(r)$$

$$\forall r \in V_r \quad \sum_{P \in \mathcal{P}_{UL}^r} f_{UL}(P) = d_{UL}(r)$$

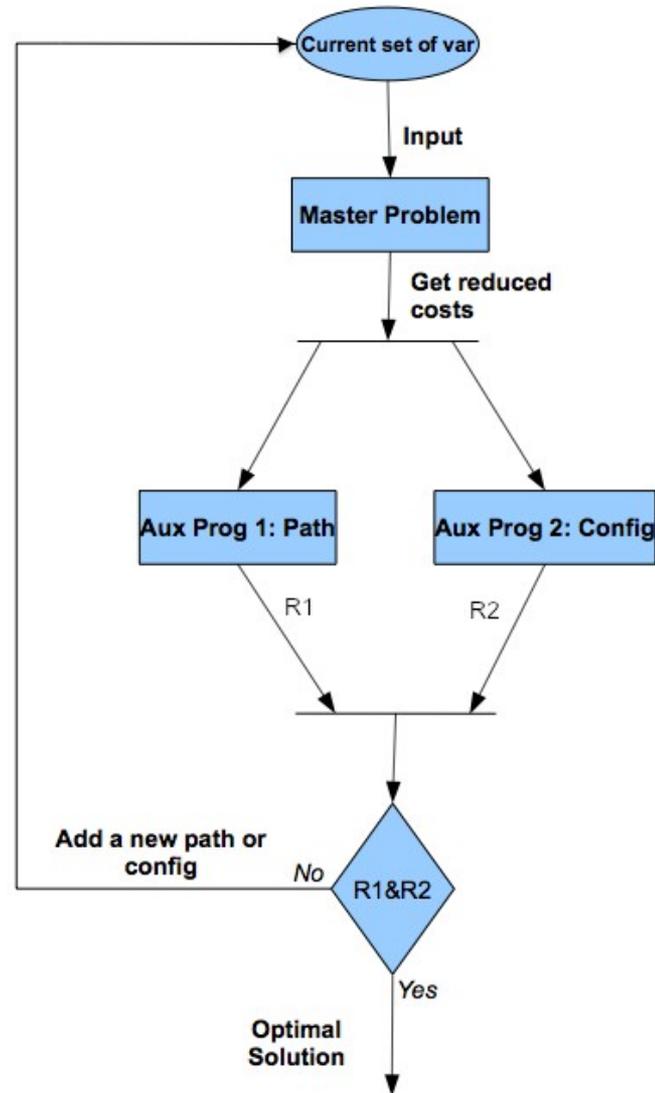
Nombre de contraintes: # noeuds + # liens → OK

Nombre de Variables: # routes P + # Config F → exponentielle



Génération de colonnes

Algorithme de génération de colonnes



Génération de configurations

$$\max \sum_{e \in E} \sum_{k \in K_f} (c_e^k \lambda_e) - \sigma \sum_{u \in V} J(u)$$

$$\forall u \in V \quad J(u) \geq \sum_{k \in K_f} T_s * a(u) * P_t^k(u) + \sum_{k \in K_f} \sum_{v \in V} \sum_l j_r^k(v) \Psi_{(v,u),k}^l + J_{idle}(u)$$

$$\forall e = (u, v) \in E, k \in K_f \quad c_e^k = \sum_l (c_l - c_{l-1}) \Psi_{(u,v),k}^l$$

$$\forall l, (u, v) \in E, k \in K_f \quad \Psi_{(u,v),k}^{l-1} \geq \Psi_{(u,v),k}^l$$

$$\forall u, l, k \quad \sum_v \Psi_{(u,v),k}^l + \sum_w \Psi_{(w,u),k}^l \leq 1$$

$$\forall u, v, k, l \quad P_t^k(u) * L(u, v) \geq \beta_l * \left(\sum_{(u', v') \neq (u, v)} P_t^k(u') * L(u', v) + \mu \right) - (1 - \Psi_{(u,v),k}^l) n * P_{max}$$

Scénarii et paramètres

- **Modèle d'interférences** : SINR
- Contrôle de puissance
- **Modèle d'énergie** : TX, RX et mode en veille
- **Demande de Trafic** : Uniforme, aléatoire

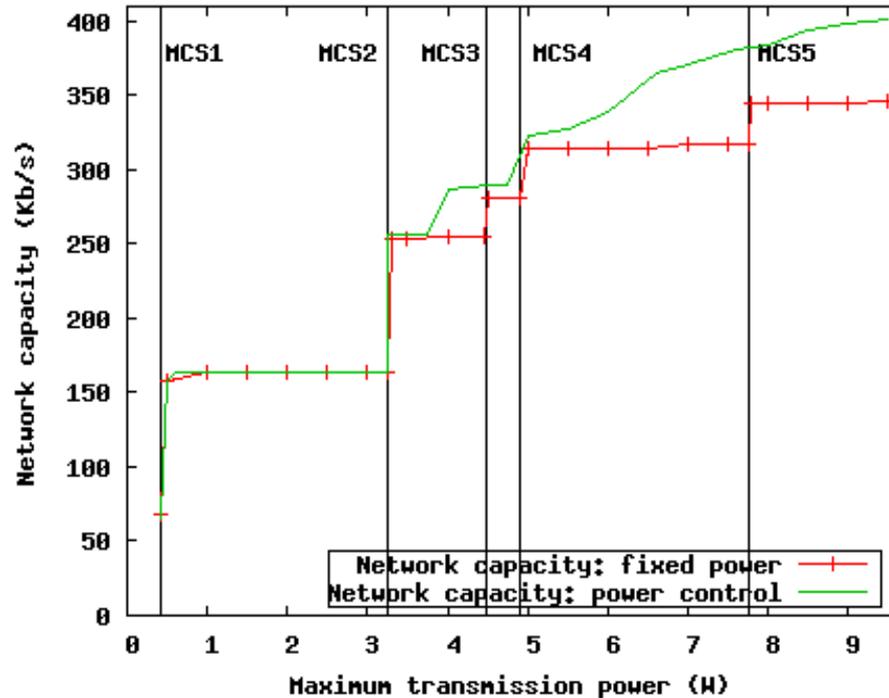
Résultats numérique : paramètres

LTE

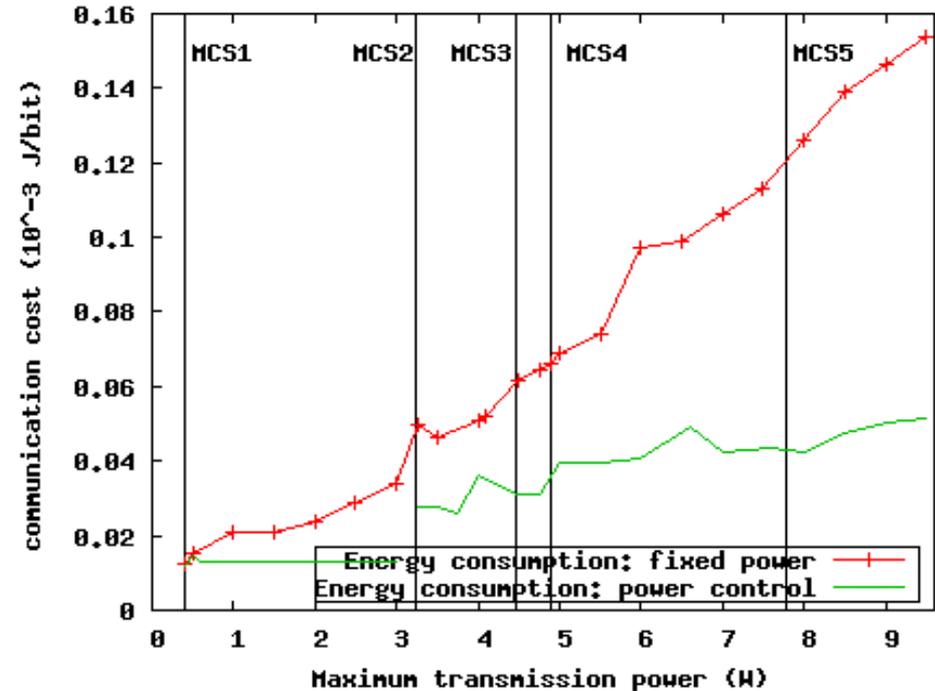
- Bloc temps-fréquence : 1ms/180khz
- N(bruit) = -174dBm/Hz

MCS	Modulation	CR	β	Débit	Efficacité
MCS1	QPSK	1/2	1.259	164 Kb/s	0.933 b/s/Hz
MCS2	16QAM	1/2	10	328.12 Kb/s	1.866 b/s/Hz
MCS3	16QAM	3/5	13.80	393.75 Kb/s	2.24 b/s/Hz
MCS4	64QAM	1/2	15.13	492.18 Kb/s	2.8 b/s/Hz
MCS5	64QAM	3/5	23.98	590.625 Kb/s	3.36 b/s/Hz

Apport de contrôle de puissance



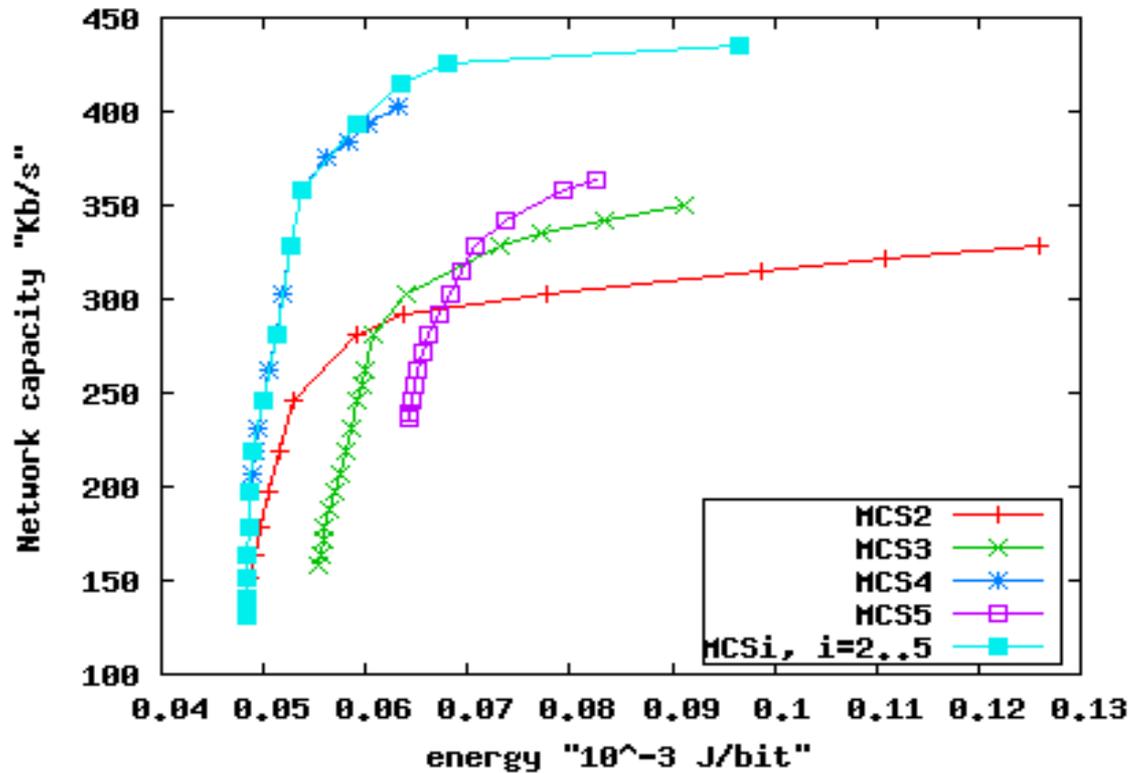
Capacité du réseau



Consommation énergétique

L'apport du contrôle de puissance est important

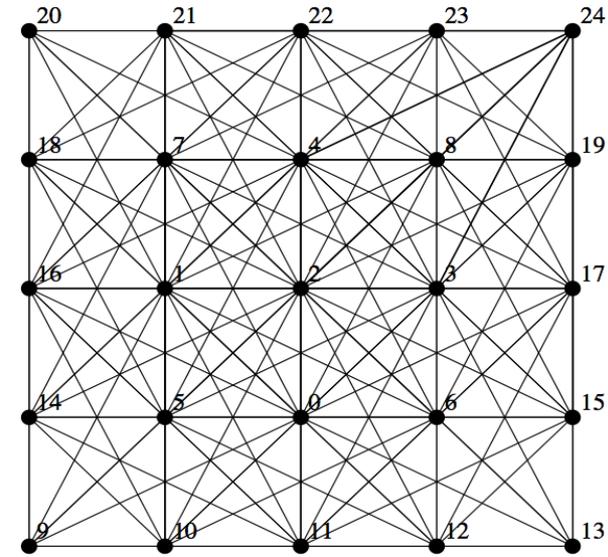
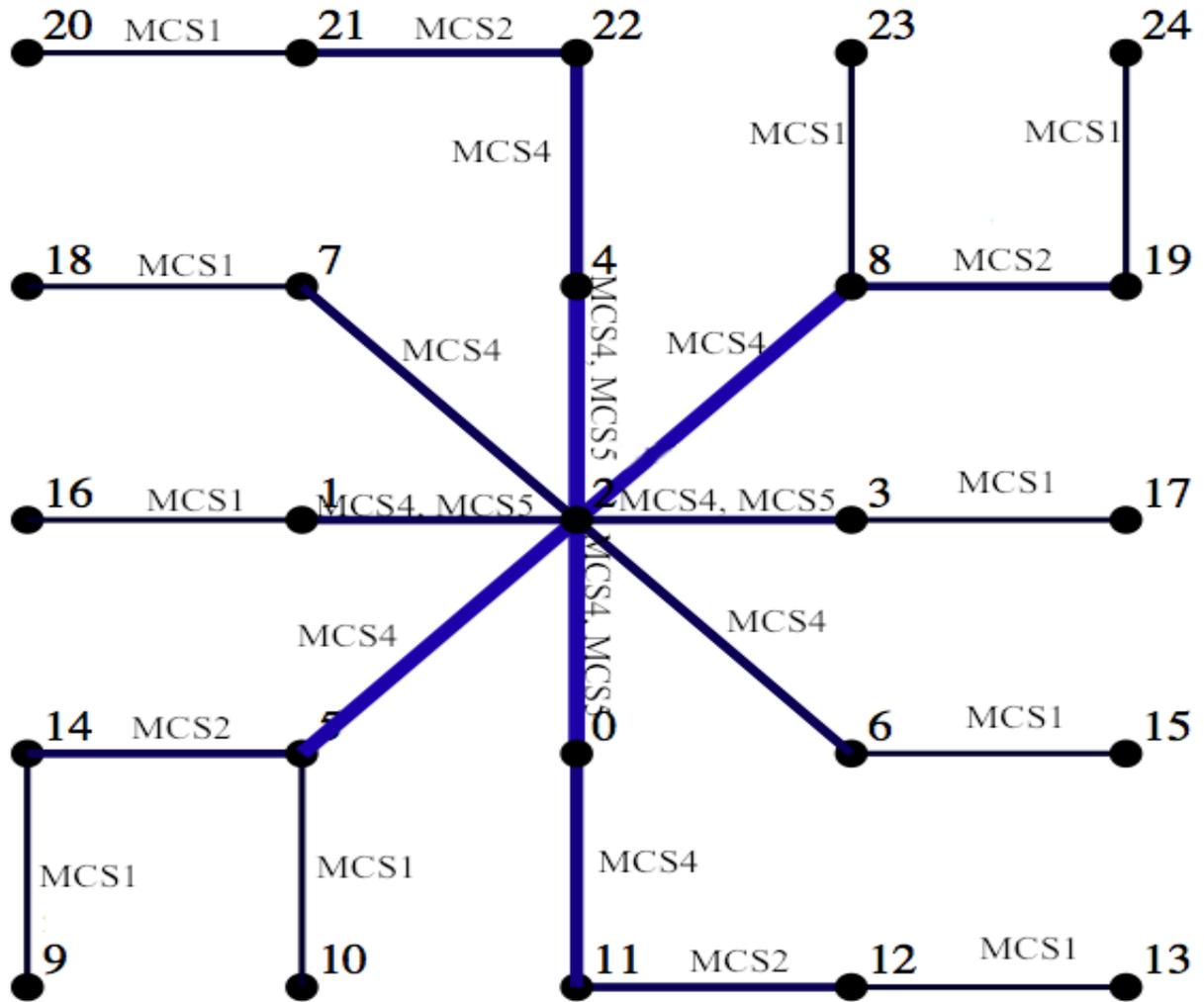
Apport de modulation adaptative



Compromis capacité-énergie

L'apport de modulation adaptative est bénéfique pour l'amélioration de la capacité et de la consommation énergétique

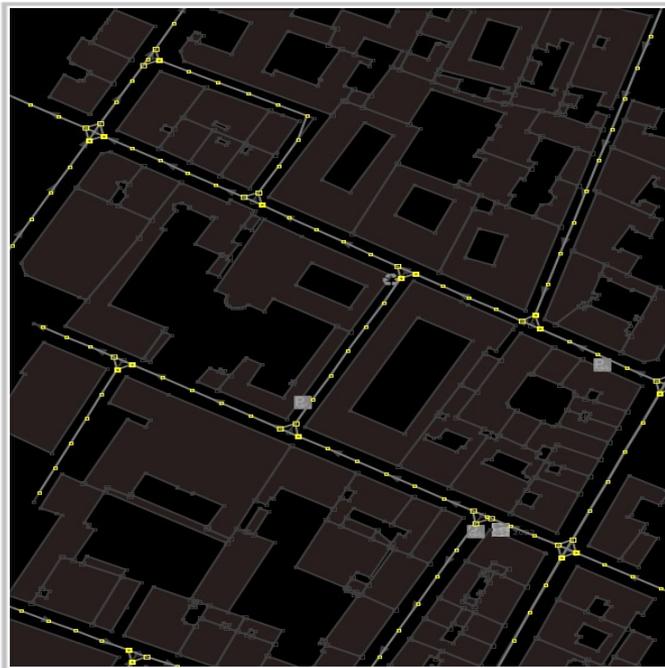
Configuration du réseau



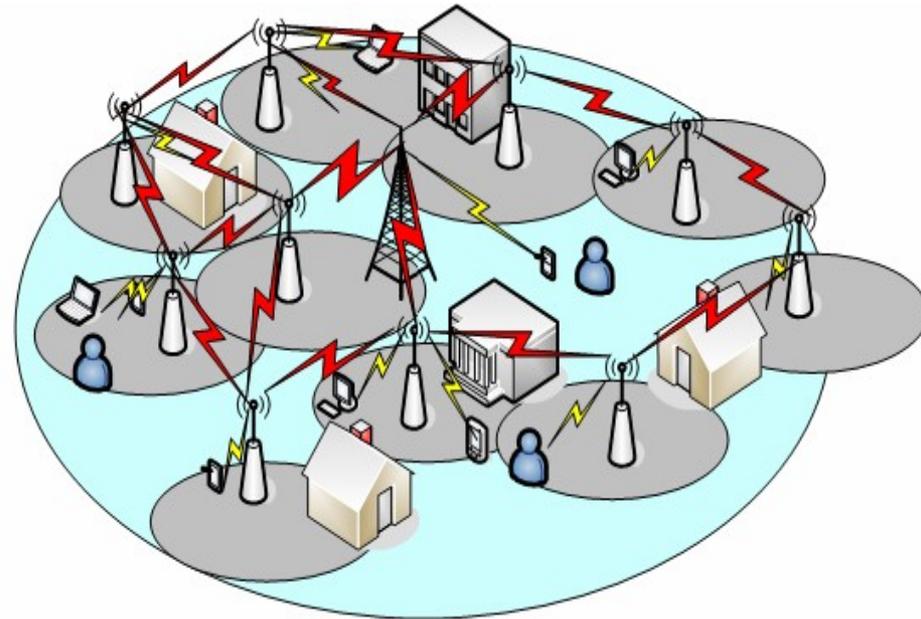
Conclusions et Perspectives

- Optimisation multi-objectif : allocation de ressource, routage et ordonnancement
- Minimiser la complexité et le temps de calcul
- Etudier le délai de bout en bout, compromis délai-énergie

Réseau urbain



Réseau cellulaire macro/micro Cell

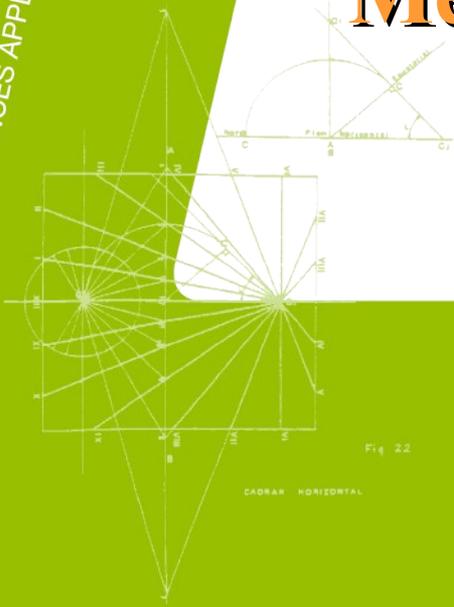


RECHERCHE 7

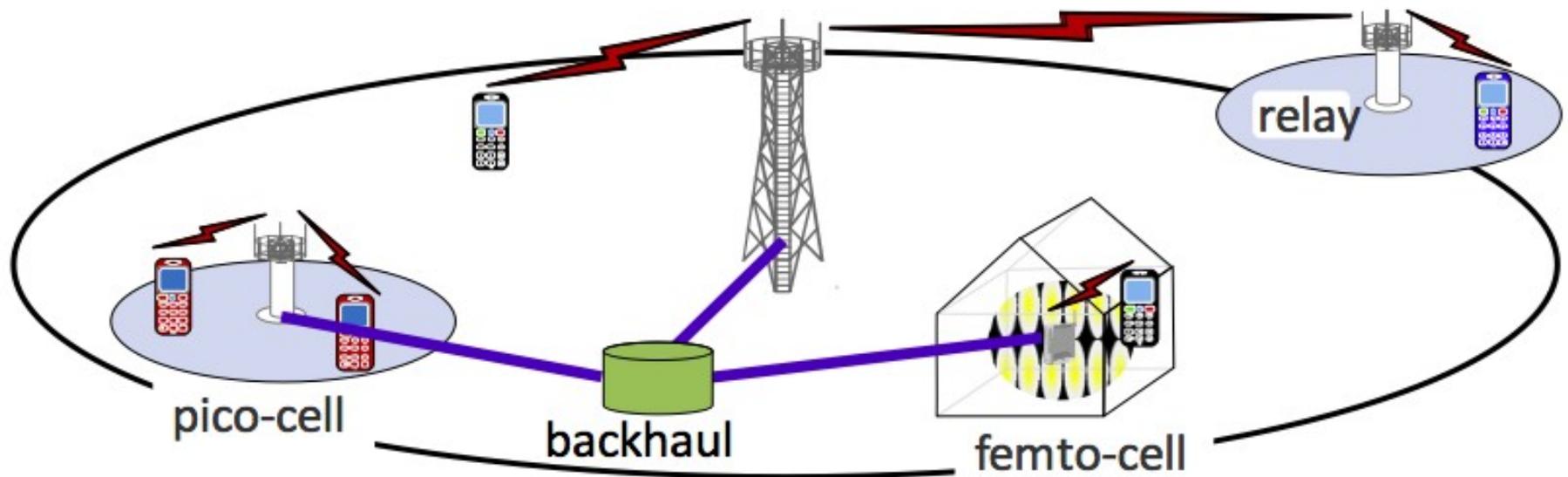
INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES DE LYON

Merci pour votre attention ...

anis.ouni@insa-lyon.fr

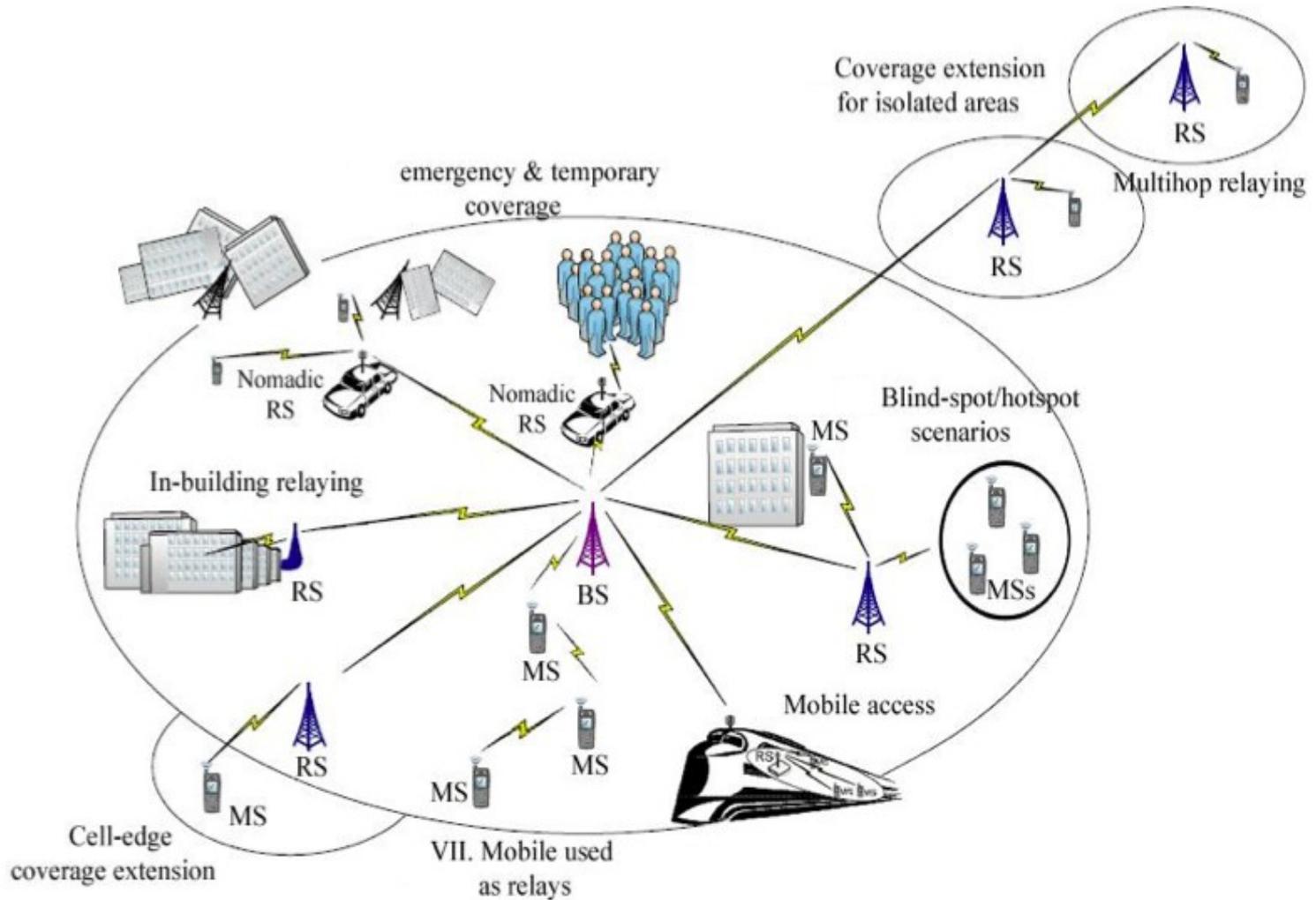


Heterogeneous network: LTE-A



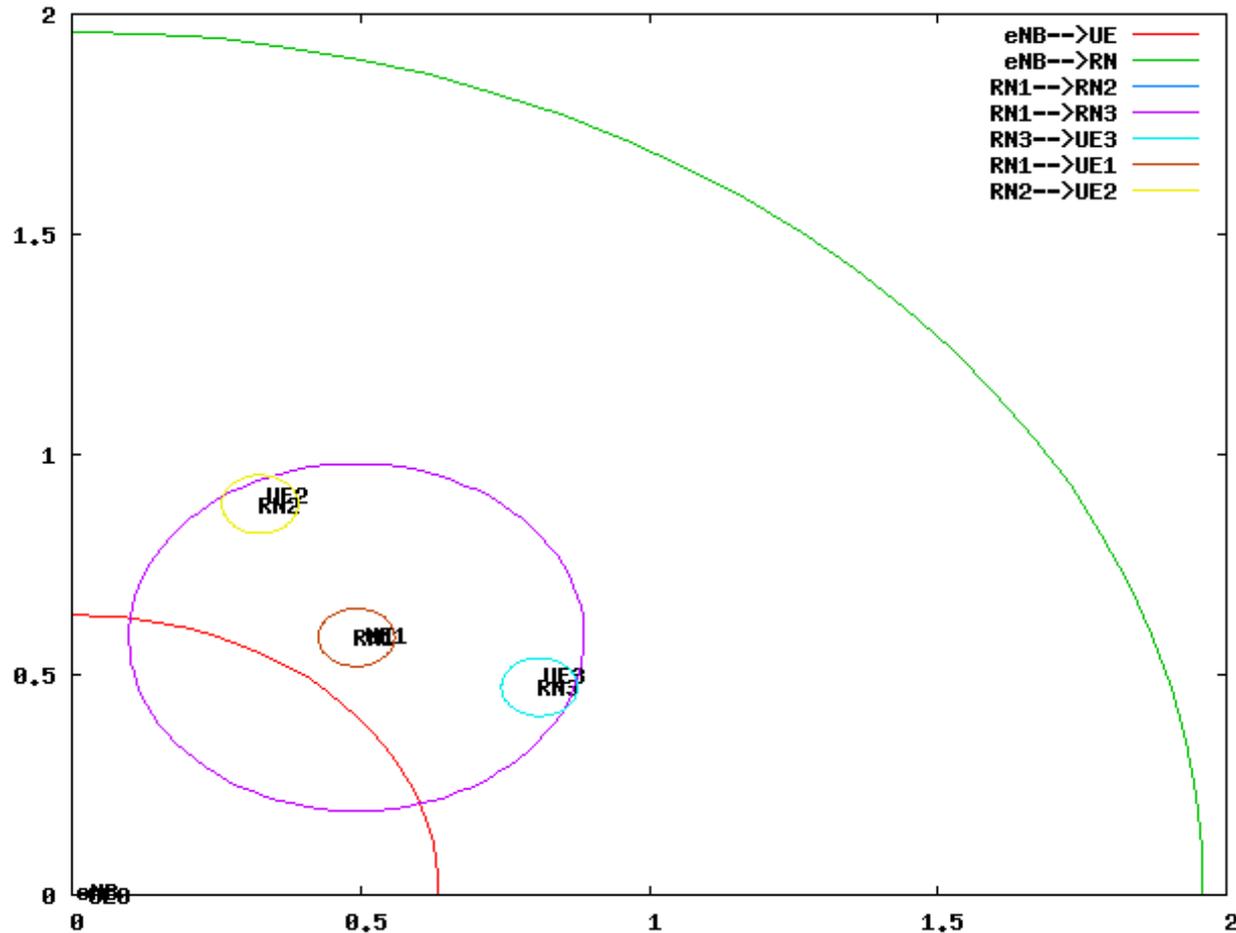
Earth project : <https://www.ict-earth.eu/>

Heterogeneous network: LTE-A

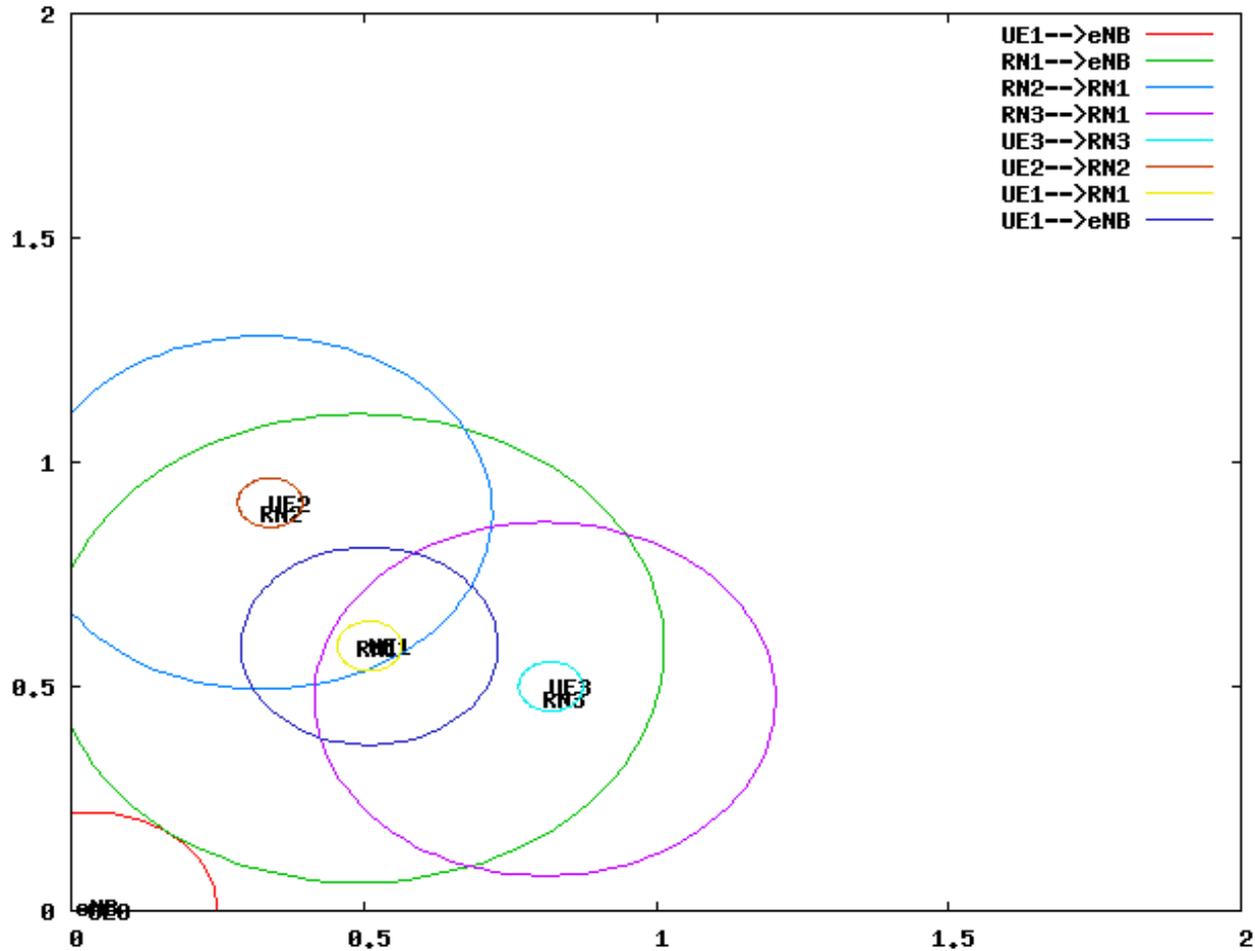


Earth project : <https://www.ict-earth.eu/>

Heterogeneous network: LTE-A



Heterogeneous network: LTE-A



Network optimization

Definition:

Configuration F : a collection of simultaneously feasible transmissions.

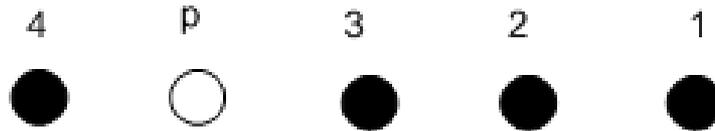
$W(F)$ denotes the activation time of the configuration F

Network optimization

Definition:

Configuration F : a collection of simultaneously feasible transmissions.
 $W(F)$ denotes the activation time of the configuration F

Example: with 1 frequency, $d(i)=1$

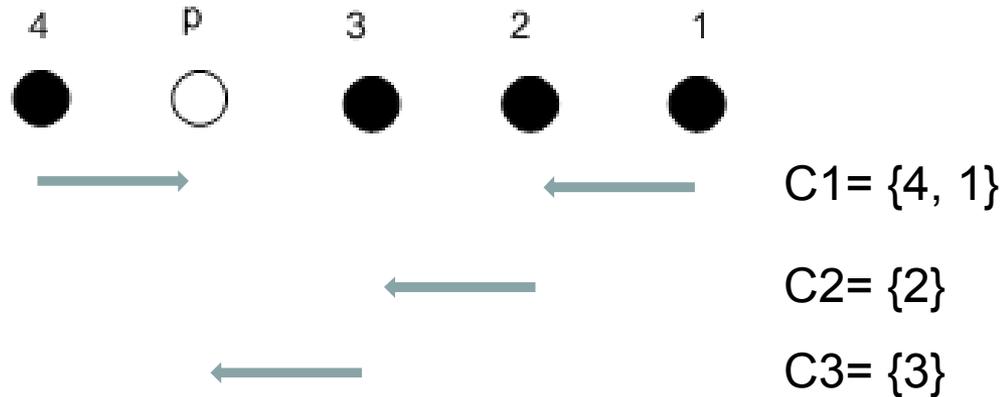


Network optimization

Definition:

Configuration F : a collection of simultaneously feasible transmissions.
 $W(F)$ denotes the activation time of the configuration F

Example: with 1 frequency, $d(i)=1$

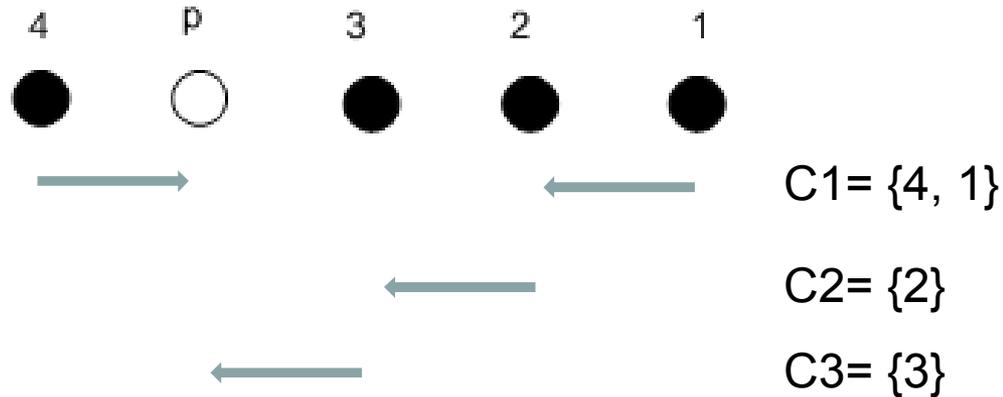


Network optimization

Definition:

Configuration F: a collection of simultaneously feasible transmissions.
 $W(F)$ denotes the activation time of the configuration F

Example: with 1 frequency, $d(i)=1$

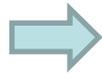


Activation time :

$$W(C1) = 1$$

$$W(C2) = 2$$

$$W(C3) = 3$$



SLOT 1

SLOT 2, SLOT 3

SLOT 4, SLOT 5, SLOT 6

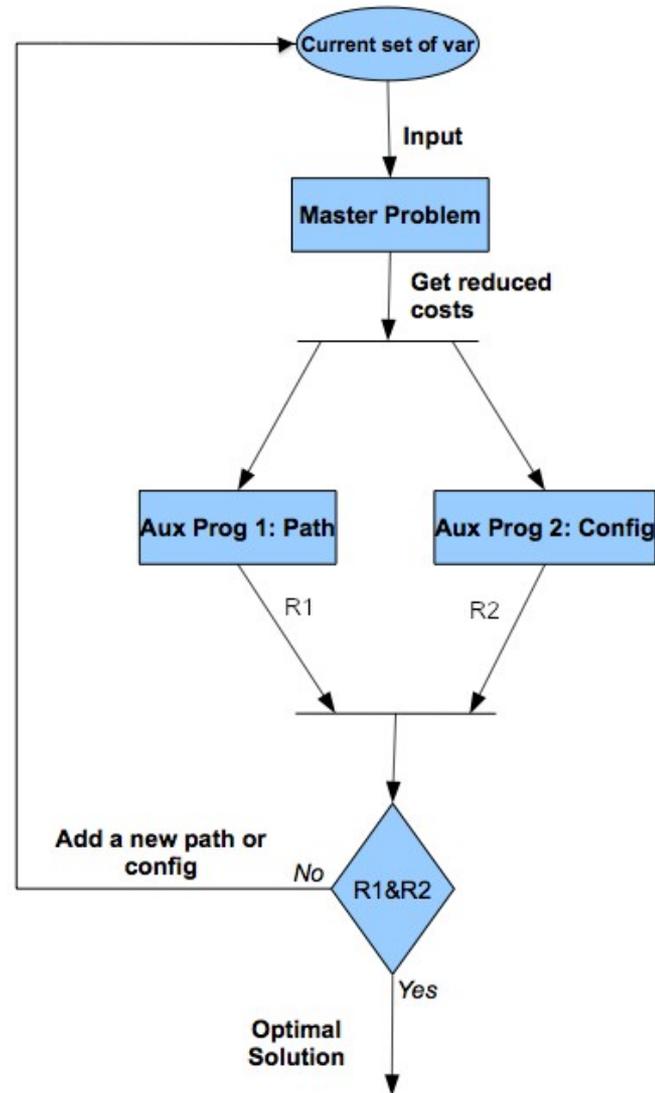
$$C = d/T$$



$$C_{\text{fowx}} = 1/6$$

$$C_{\text{network}} = 4/6$$

Algorithme de génération de colonnes



Génération de configurations

$$\max \sum_{e \in E} \sum_{k \in K_f} (c_e^k \lambda_e) - \sigma \sum_{u \in V} J(u)$$

$$\forall u \in V \quad J(u) \geq \sum_{k \in K_f} T_s * a(u) * P_t^k(u) + \sum_{k \in K_f} \sum_{v \in V} \sum_l j_r^k(v) \Psi_{(v,u),k}^l + J_{idle}(u)$$

$$\forall e = (u, v) \in E, k \in K_f \quad c_e^k = \sum_l (c_l - c_{l-1}) \Psi_{(u,v),k}^l$$

$$\forall l, (u, v) \in E, k \in K_f \quad \Psi_{(u,v),k}^{l-1} \geq \Psi_{(u,v),k}^l$$

$$\forall u, l, k \quad \sum_v \Psi_{(u,v),k}^l + \sum_w \Psi_{(w,u),k}^l \leq 1$$

$$\forall u, v, k, l \quad P_t^k(u) * L(u, v) \geq \beta_l * \left(\sum_{(u', v') \neq (u, v)} P_t^k(u') * L(u', v) + \mu \right) - (1 - \Psi_{(u,v),k}^l) n * P_{max}$$