



Projet GETRF

« Codage Réseau »

Ichrak Amdouni, Hana Baccouch,
Antonia Masucci, Cédric Adjih

Plan

1. Synthèse des résultats de la tâche
2. Présentation de DragonNet
3. Spécifications et conception
4. Implémentation et experimentation sur réseau de capteurs
5. Simulations
6. Performances fondamentales
7. Dissémination

1

Codage Réseau (Network Coding) Synthèse des résultats du work-package

Bilan du WP “Codage Réseau”

- Contexte des études
 - Réseaux militaires tactiques
 - Réseaux mobiles ad-hoc
 - Réseaux de capteurs (surveillance de zone)
 - Réseaux sans fil multi-sauts
- Objectifs des études (résumées dans le livrable 3) :
 1. Spécifier une solution générique de codage réseau : « DragonNet »
 2. Concevoir et implémenter « DragonNet »
 3. Évaluation de la performance :
 - Performance et comportement de la solution
 - Performance du codage réseau

Participants - “Codage Réseau”

- Recrutements sur le projet GETRF :
 - Ichrak Amdouni (Post-Doc)
 - Spécifications, protocoles, implémentation
 - Antonia Masucci (Post-Doc)
 - Études de performances générales (unicast)
 - Hana Baccouch (Ingénieur)
 - Implémentation, simulations sous ns-3
- Livrable final :
 - GETRF Delivvable 3: Network Coding
« DragonNet: Specification, Implementation, Experimentation and Performance Evaluation »

Synthèses des activités : (1) spécifications

- Conception d'une solution complète modulaire
 - DragonNet (incl. [dé]codage, signalisation)
- Spécifications détaillées pour le multicast
 - Draft à l'IRTF : protocole, dérivé des idées Dragoncast
Adjih C., Cho S-Y., Baccelli E., « Broadcast With Network Coding: DRAGONCAST », draft-adjih-dragoncast-00 (work in progress), July 2013
 - <http://tools.ietf.org/html/draft-adjih-dragoncast-00>
- Spécifications détaillées pour réseaux de capteurs
 - Dérivé du précédent, mise à jour du format de msg.
- (livrable : ch. 2, ch. 3, ch. 4)

Synthèses des activités : (2) implémentation

- Conception d'un module pour le décodage :
 - Décodage en temps réel/pertes : CISEW
 - Amdouni I., Adjih C., « Coding Interval-based Sliding Encoding Window », draft-amdouni-nwcrgr-cisew-00 (work in progress), July 2014.
 - <http://tools.ietf.org/html/draft-amdouni-nwcrgr-cisew-00>
- Implémentation :
 - Pour réseau de capteurs
 - Testé sur un vrai réseau, IoT-LAB
 - Présentation à l'IRTF (mars) ; démo à MASS (oct.)
 - Sur un simulateur
 - Sous ns-3 (reprend les modules implémentation réelle)
- (livrable : ch. 5, ch. 6, ch. 7)

Synthèses des activités : (3) évaluation

- Évaluation théorique des performances :
 - Capacité / efficacité énergétique
 - Masucci A., Adjih C., « Capacité de Diffusion avec Codage Réseau dans les Grilles Toriques », ALGOTEL 2014, June 2014.
 - + Rapport de recherche Inria
- Performances avec TDMA (multicast/unicast)
 - Lien avec l'ordonnancement utilisé dans le livrable 2 (coloriage VCM)
- Performances unicast TDMA+Routage ORCHID
 - Solution ORCHID livrable 2
- (livrable : ch. 8, ch. 9 ; livrable 6)

Synthèses des activités : (+) ajustements

- Nouveau module CISEW conçu
 - Gestion des pertes complexe
- Évaluation de performances complexe
 - (preuve avec la théorie des nombres)
- Mise de côté de l'évaluation des flots « sans codage »
 - Principe déjà publié (contexte DTN, Zhang et al. 2011)
- Unicast étudié avec le protocole de routage et coloriage
 - (cf livrable 6)

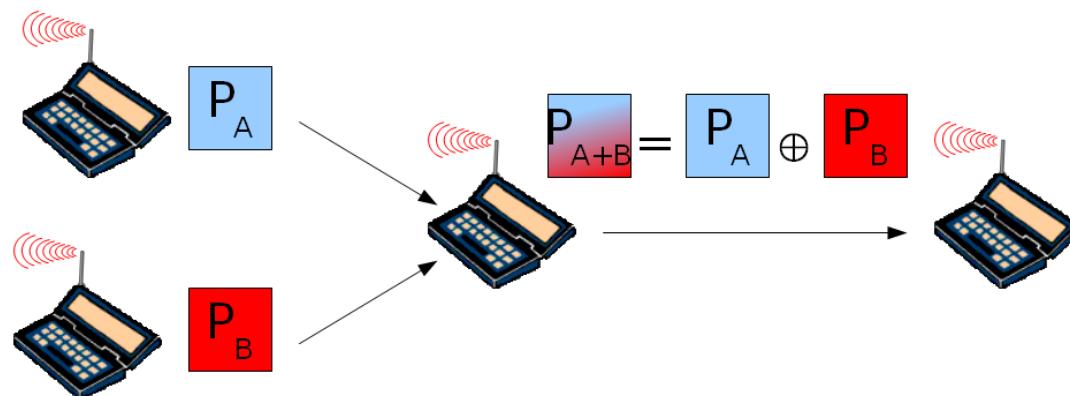
2

Codage Réseau

DragonNet : une solution générique

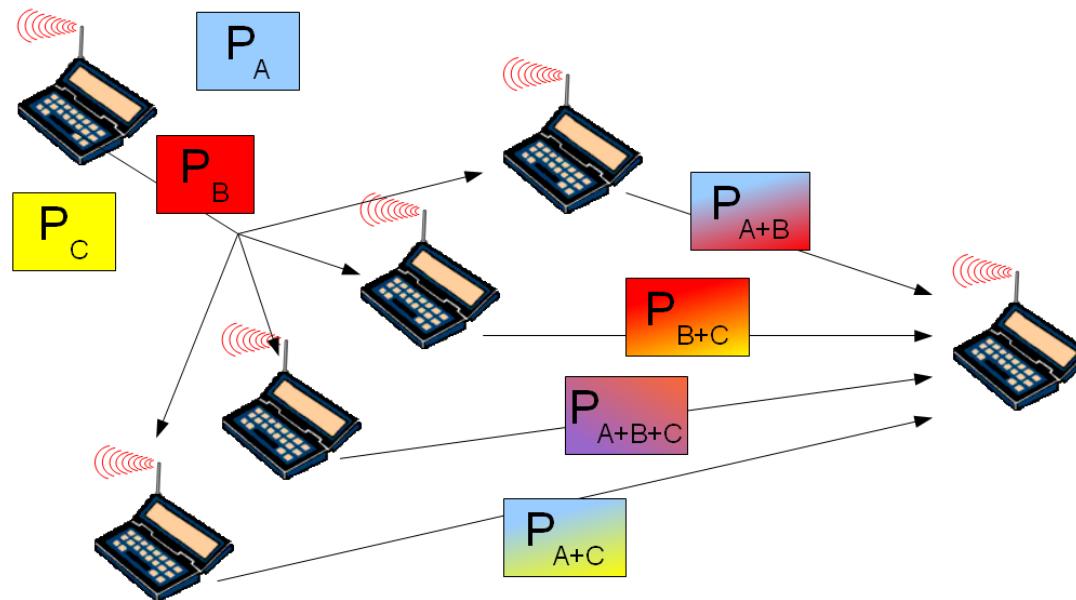
Codage Réseau pour GETRF - principe

- Principe :
 - Les nœuds à l'intérieur du réseau « codent »



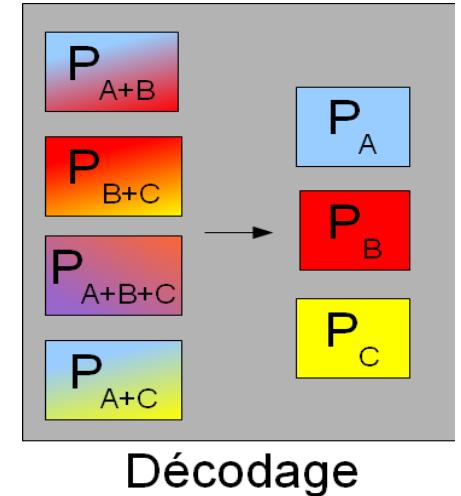
Codage Réseau pour GETRF - principe

- Plusieurs noeuds codent à l'intérieur du réseau



Codage Réseau pour GETRF - principe

- A l'arrivée:
 - Destinataire décode les messages
 - Cas codage linéaire:
inversion de matrice
- Propriétés :
 - Tolérance naturelle aux pertes
 - Ex: 3 messages suffisants pour décoder
 - Pas besoin de coordination
 - Diminue l'utilisation de la bande passante

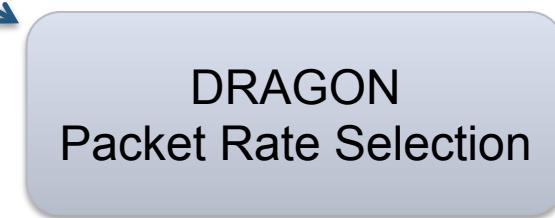


DragonNet : Protocole Générique

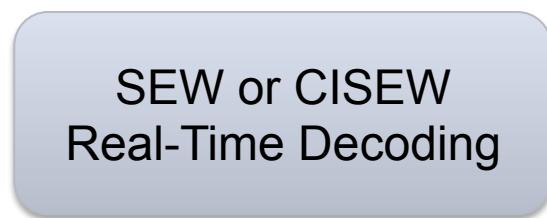
- Protocole de codage réseau
 - Développe des idées de DRAGONCAST
 - Chaque noeud retransmet des paquets codés à une certaine vitesse (“paquets par seconde”)
 - Maintient des paquets codés dans une matrice de décodage (élimination gaussienne, mais inversée)
 - L'état de chaque émetteur est ajouté aux envois:
(rang, nb. paquets décodés, voisins, ...)
 - Une fenêtre glissante d'encodage est utilisée
 - La vitesse de retransmission peut être ajustée

DragonNet : Architecture

When to send packets



How to generate/decode packets



Protocol
Logic

Protocol

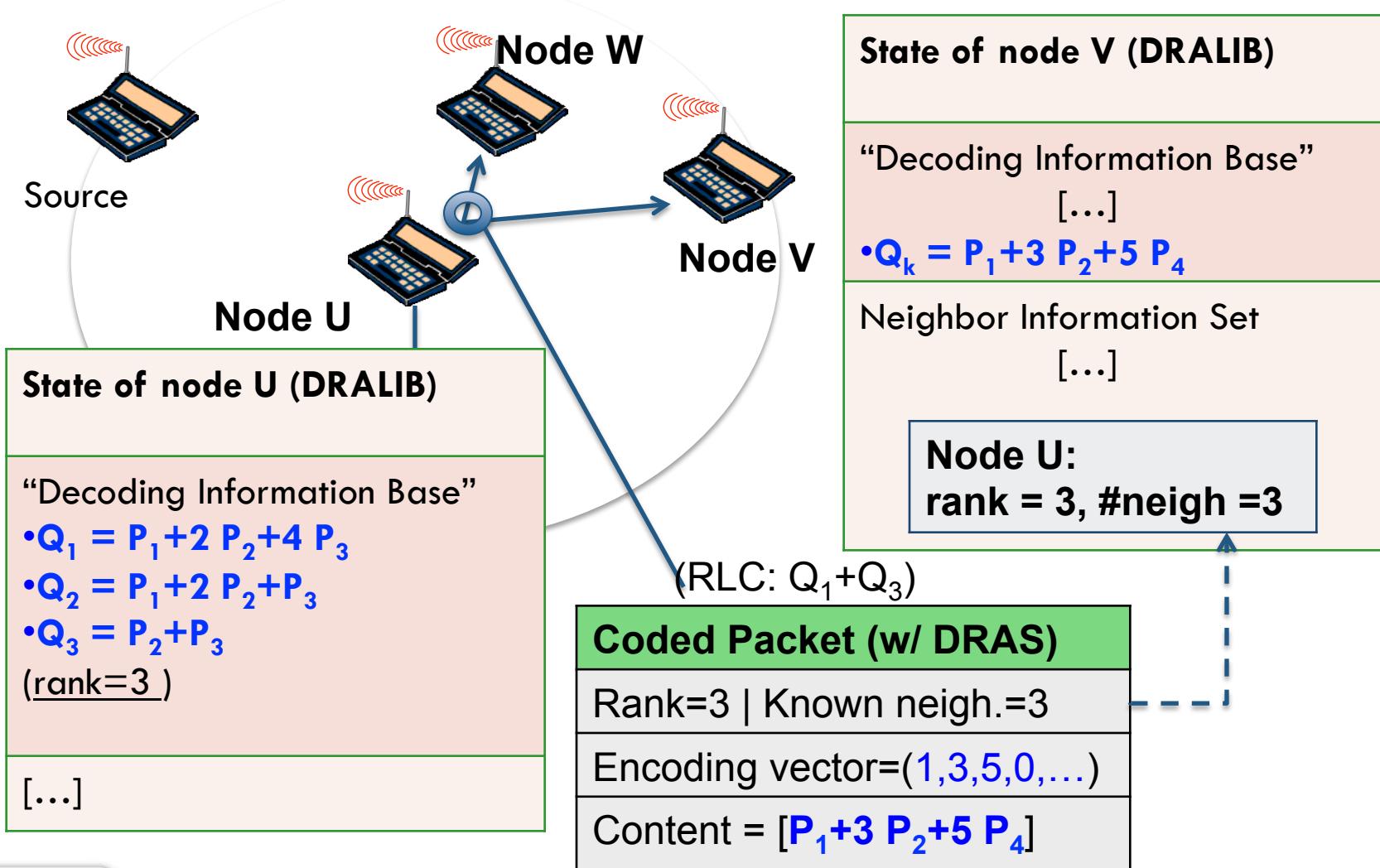
DRAS
Signaling

DRALIB
Local Information
Base

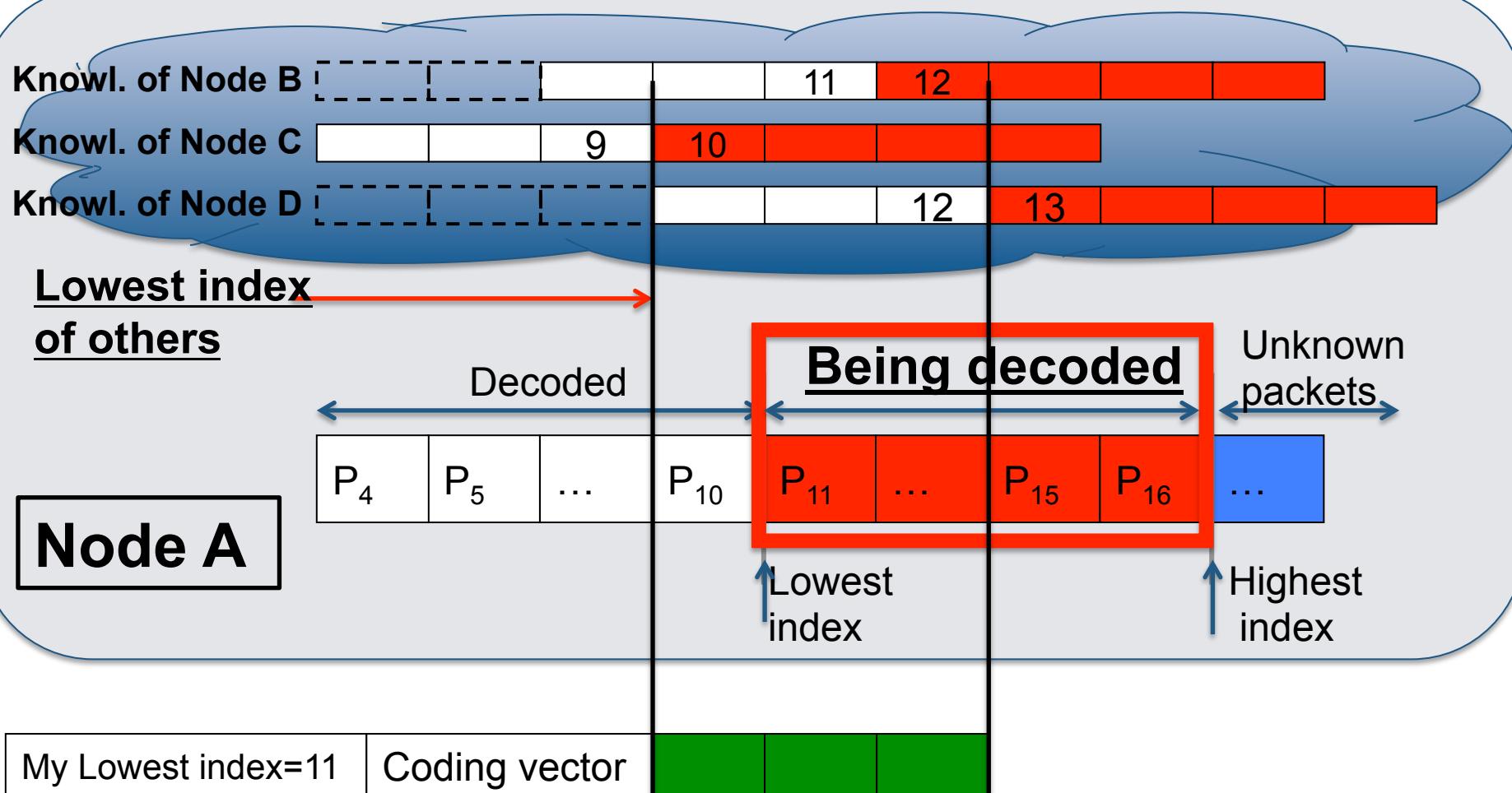
How to signal node state

How to store information
about neighbor nodes

DragonNet : Fonctionnement

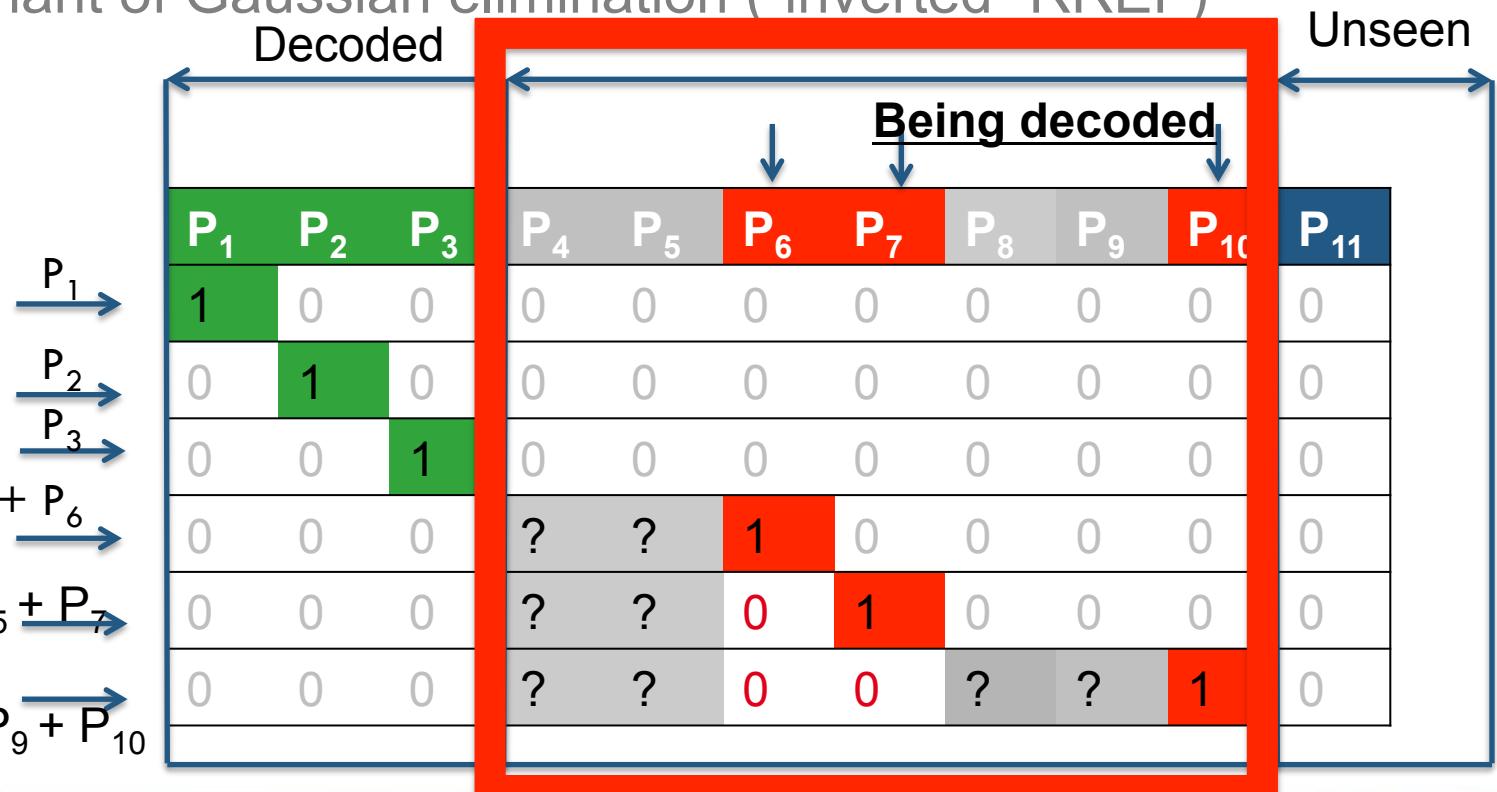


DragonNet : Utilisation de l'état des voisins



DragonNet : Fenêtre glissante SEW, CISEW

- Principle: “real-time” robust decoding
- Variant of Gaussian elimination (“inverted” RREF)



DragonNet : Fenêtre glissante, ex.

3

Codage Réseau (Spécifications) Conception CISEW

Codage Réseau – Spécifications

- Voir le document livrable 3 (une partie dans des drafts), ex:

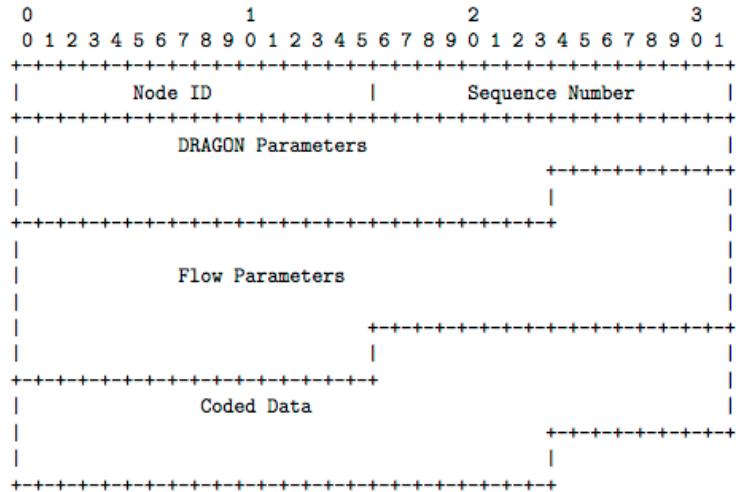


Figure 4.1: The format of DragonNet message as specified for WSNs.

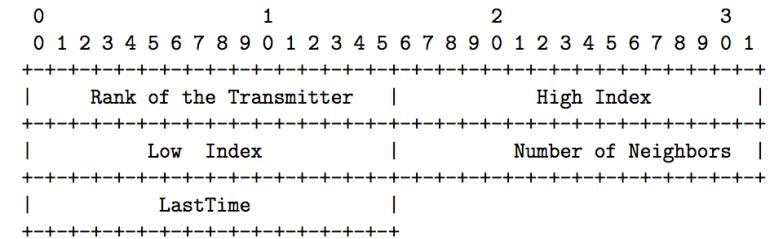
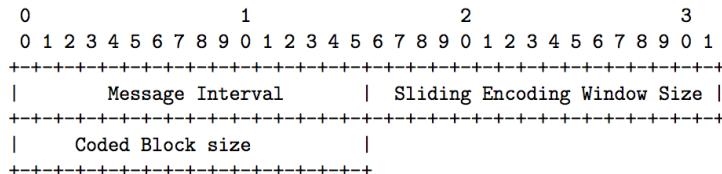


Figure 4.2: Dragon Related Parameters.

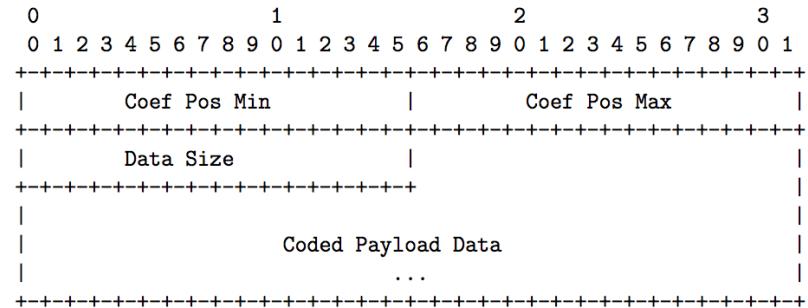
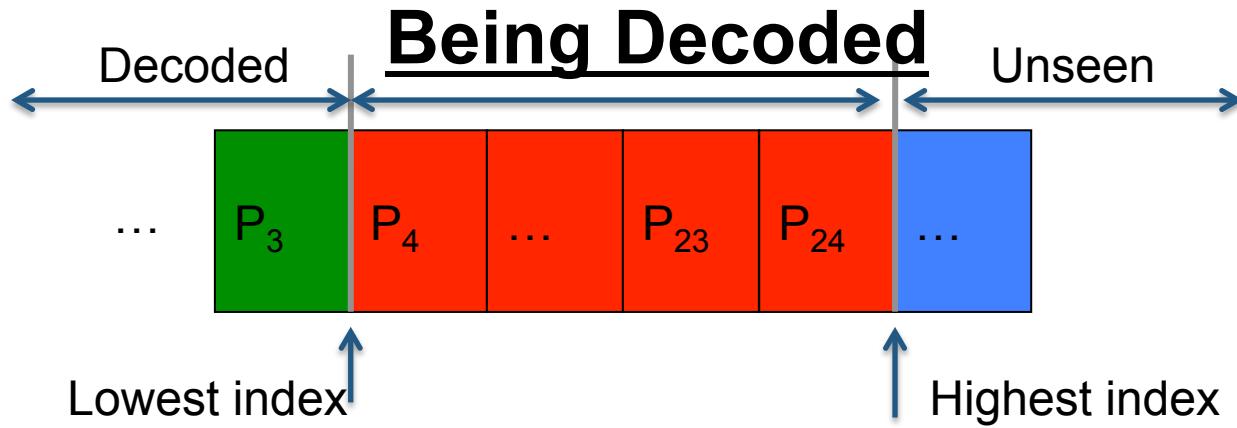


Figure 4.4: Coded Payload Related Parameters.

Codage Réseau – CISEW

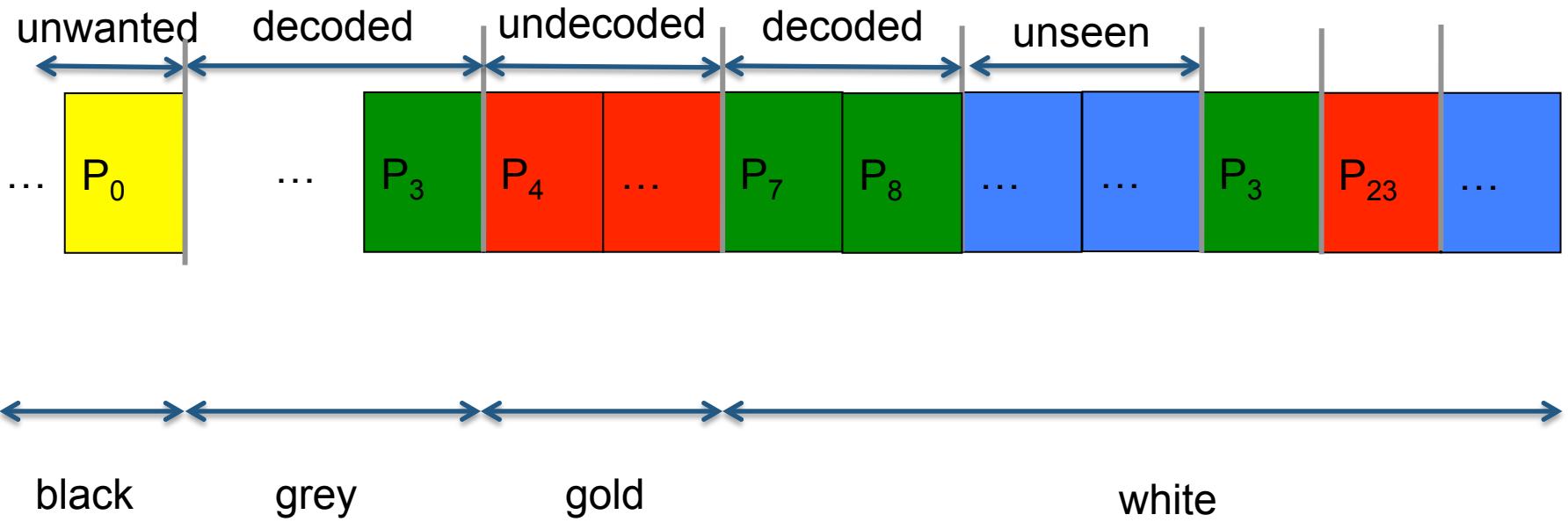
- « Coding Interval-based Sliding Encoding Window »
Amdouni I., Adjih C., « Coding Interval-based Sliding Encoding Window »,
draft-amdouni-nwcrg-cisew-00 (work in progress), July 2014.
<http://tools.ietf.org/html/draft-amdouni-nwcrg-cisew-00>
- Nouveau module de fenêtre glissante (alternative à SEW) :
 - Tolérer les pertes (nœuds incapables de suivre)
 - Information plus fine
 - Gère le remplissage des buffers
 - Plus général
- Basé sur le concept d'intervalle
- Sépare état d'un nœud et signalisation

Précédemment: SEW, Sliding Encoding Window



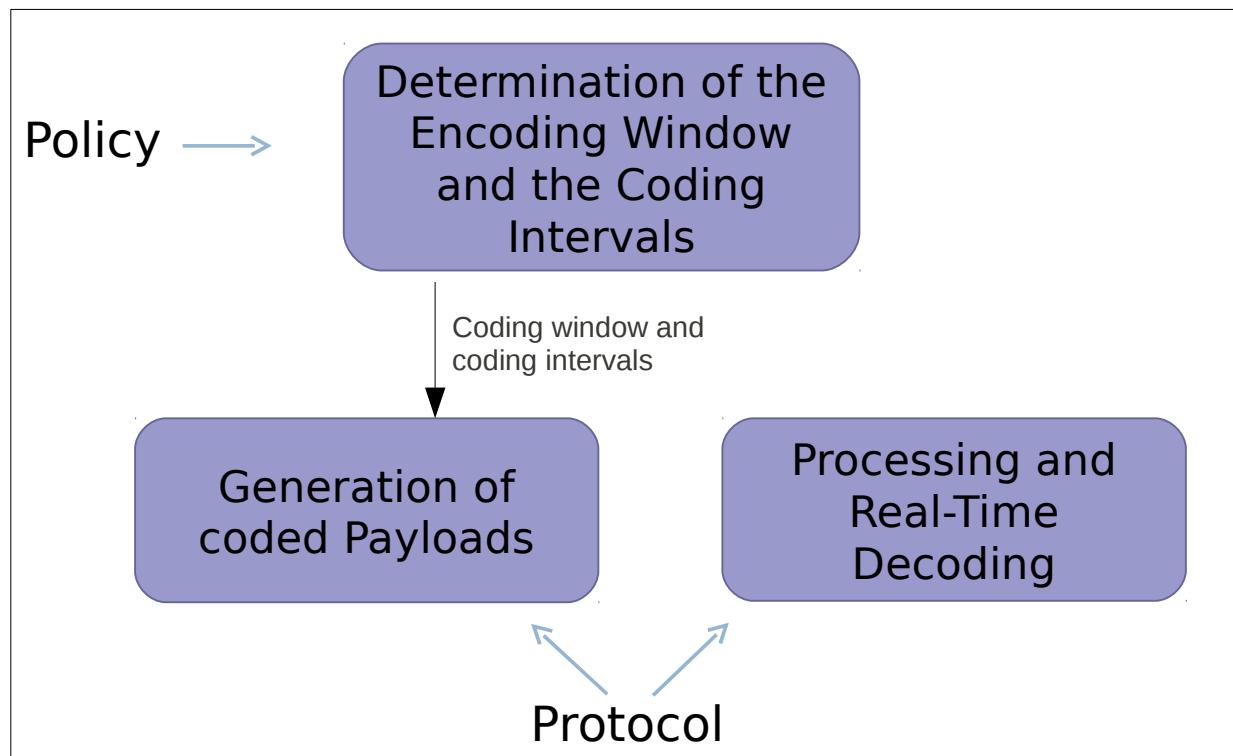
CISEW: Coding Interval-Based Sliding Encoding Window

- État d'un paquet de la source: « black, grey, gold, white »



CISEW: Coding Interval-Based Sliding Encoding Window

- Génération, à partir des intervalles de chaque voisin



4

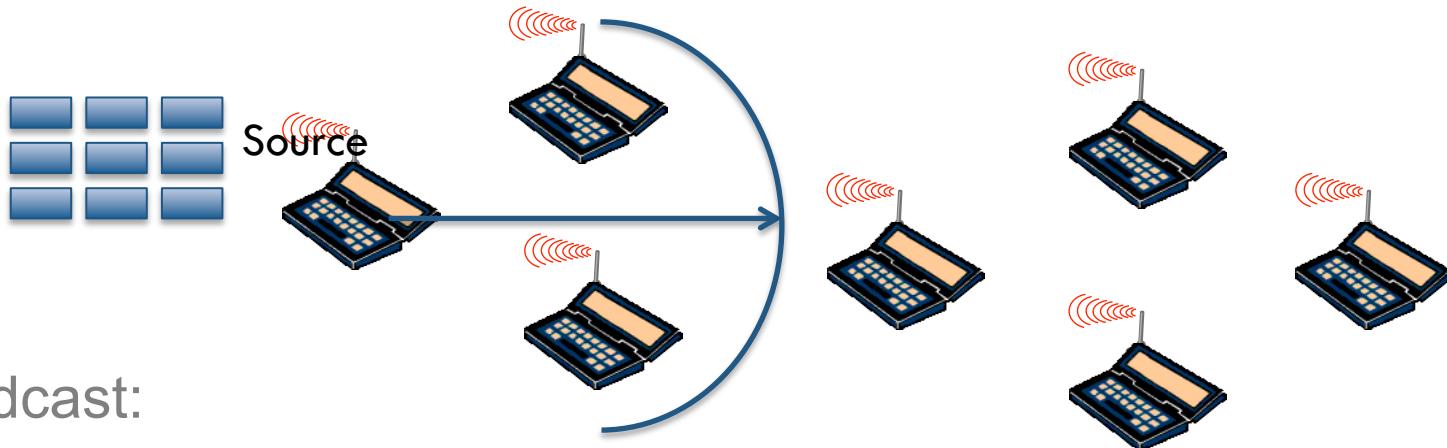
Codage Réseau

**Implémentation et expériences
sur un réseau de capteurs**

Codage Réseau – Développement

- Implémentation du codage linéaire « DragonNet » pour réseau de capteurs
- Présentation à l'IETF « Experiments with Broadcast with Network Coding » (mars 2014)
- Démo + Poster à MASS (oct. 2014)

Implémentation et expériences



Broadcast:

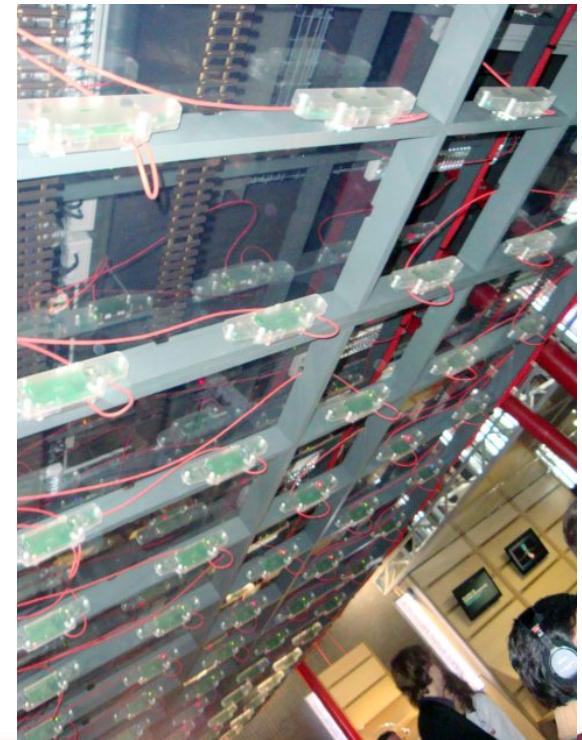
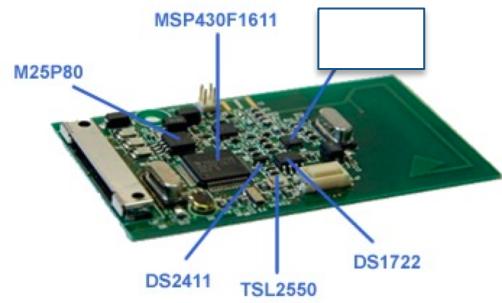
- Source: many packets to entire network

Broadcast in Wireless Sensor Networks:

- Widely deployed wireless multi-hop networks
- Actual use case: “OTA” (over-the-air programming)

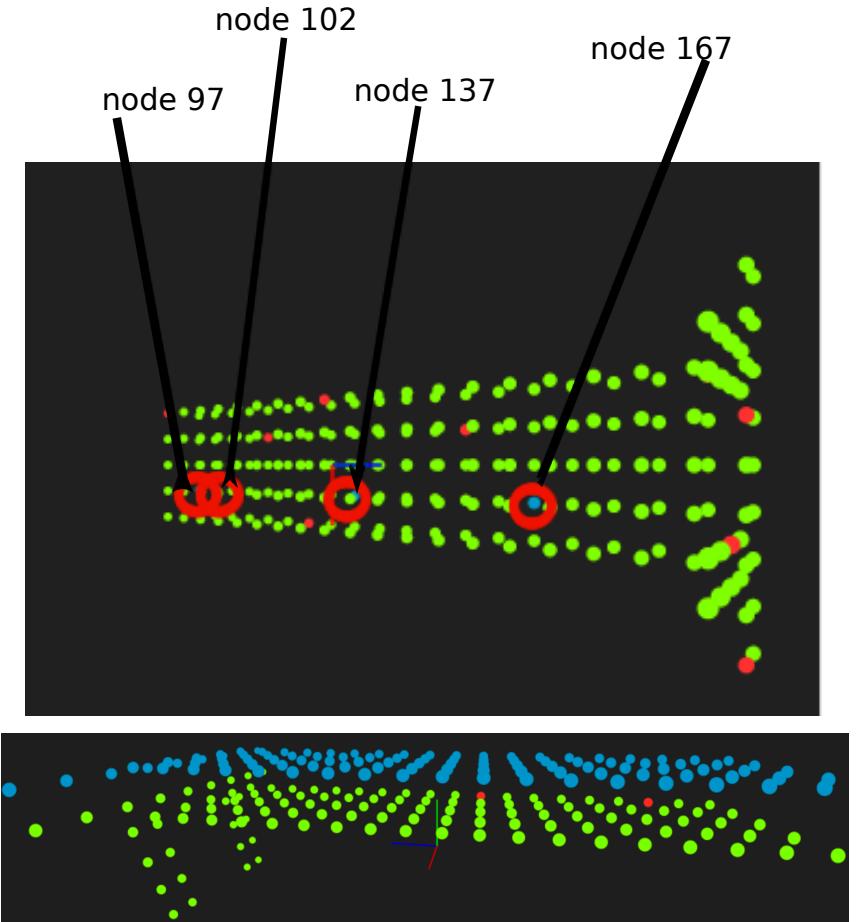
Implémentation et expériences

- Implementation on sensor nodes:
 - MSP430, 16 bits, 8 MHz
48 kB Flash, 10 kB RAM
 - Radio 802.15.4 (CC2420)
- Used testbed with 200+ nodes
 - Site of Inria Lille (Euratech)
 - Part of a federation of large scale, open, testbeds: FIT IoT-Lab
 - <http://iot-lab.info/>



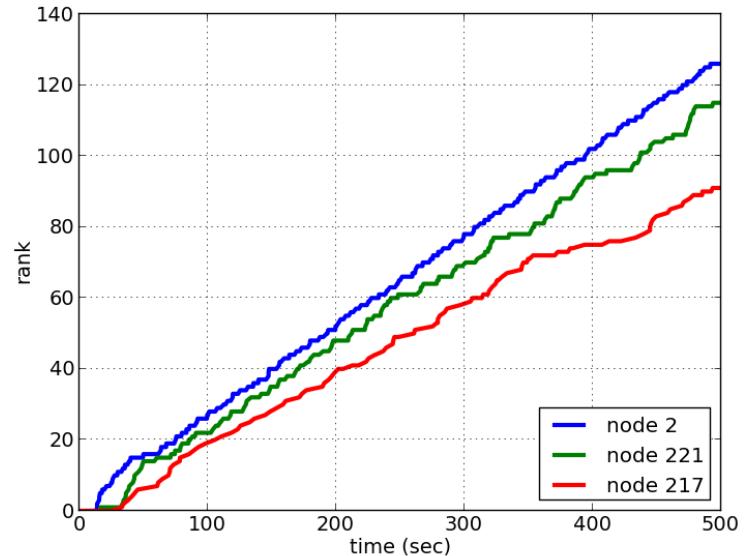
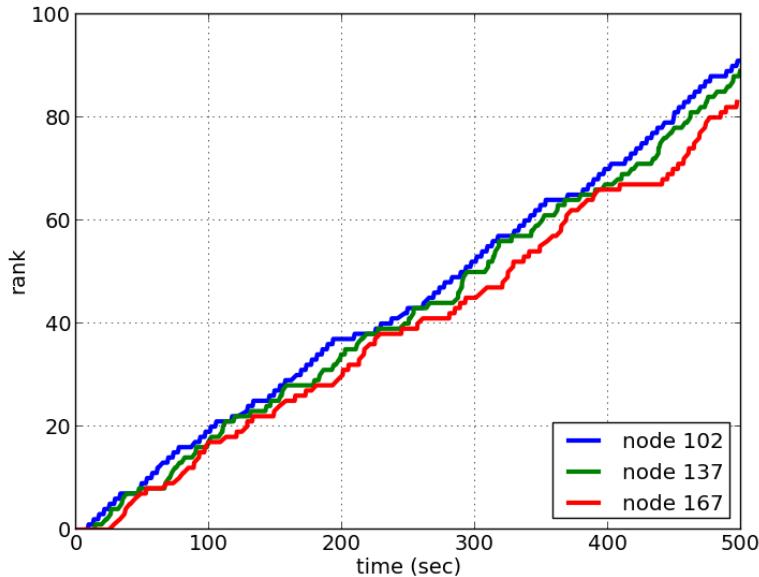
Implémentation et expériences

- 219 nodes
- Lowest power (-25 dBm)
- NC Parameters:
 - GF(4)
 - Coding window=15
 - Gaussian elim. win.=64
(regen. decoded packets)
 - Source, interval = 2 sec
 - Node, interval = 4 sec
 - Test: payload = 8 bytes (but on radio, 60+ bytes)



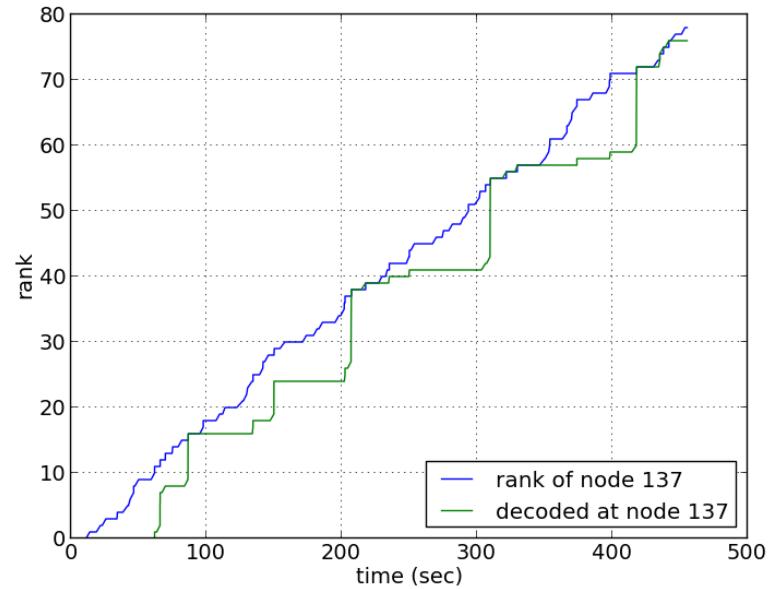
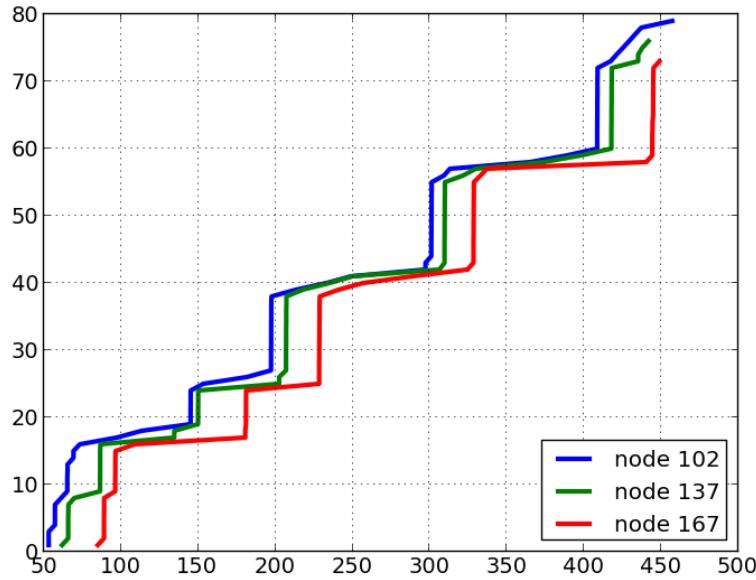
Implémentation et expériences

Evolution du “rang” (quantité d'information)



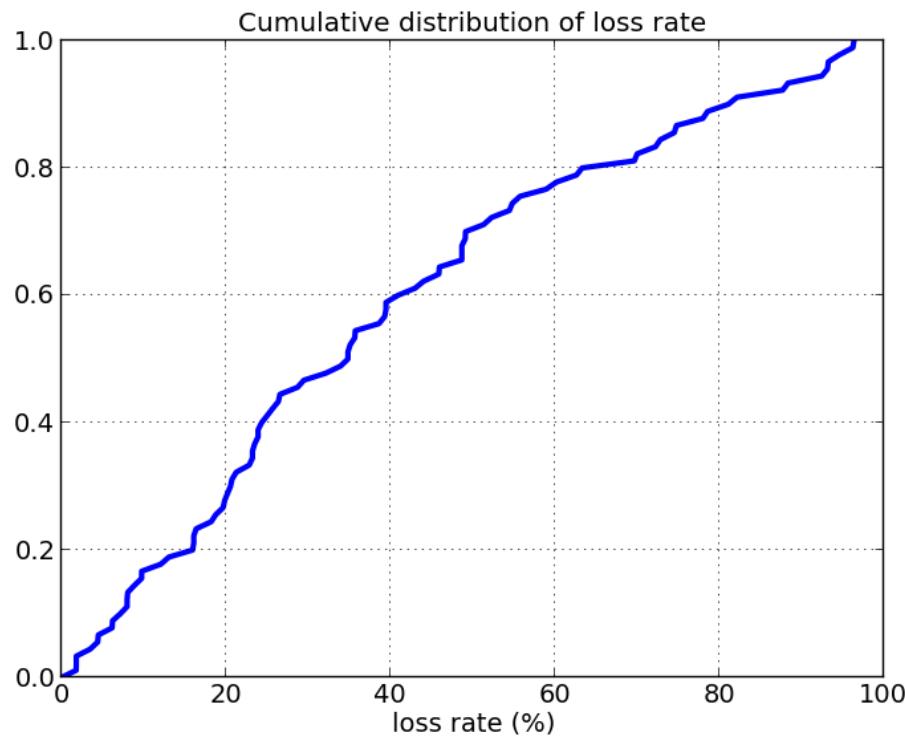
Implémentation et expériences

Nombre de paquets décodés



Implémentation et expériences

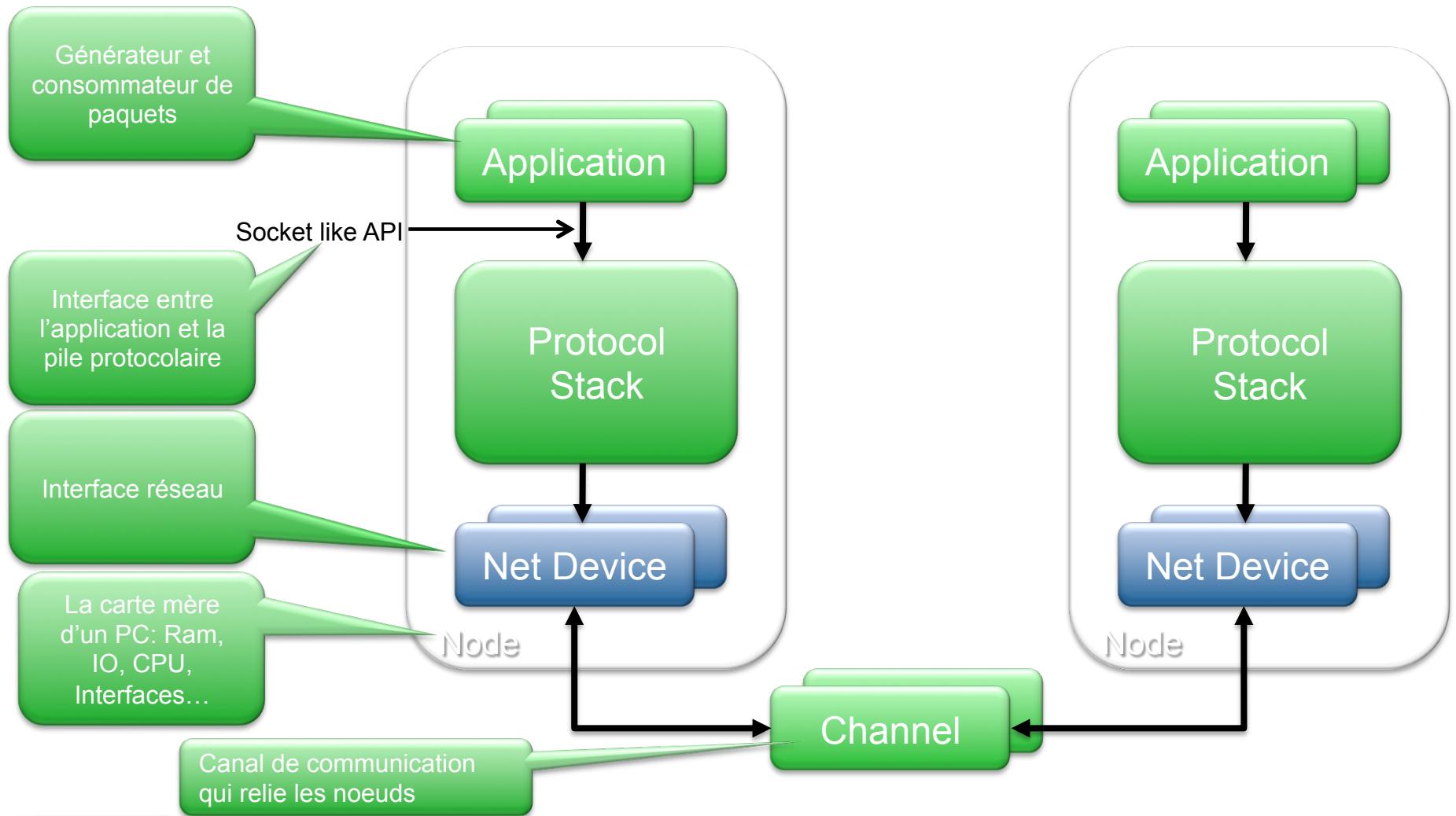
Bon fonctionnement à fort taux de perte



5

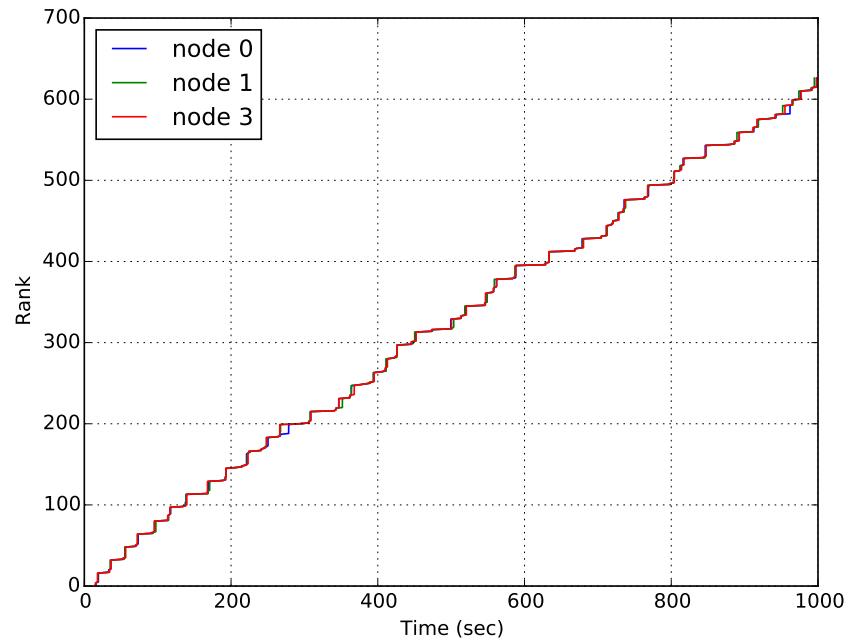
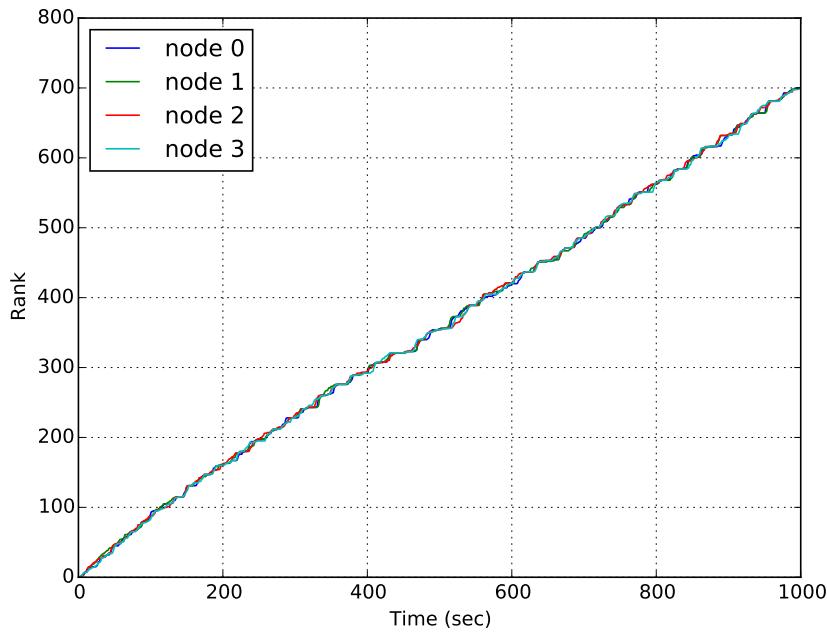
Codage Réseau Simulations

Intégration dans le simulateur ns-3



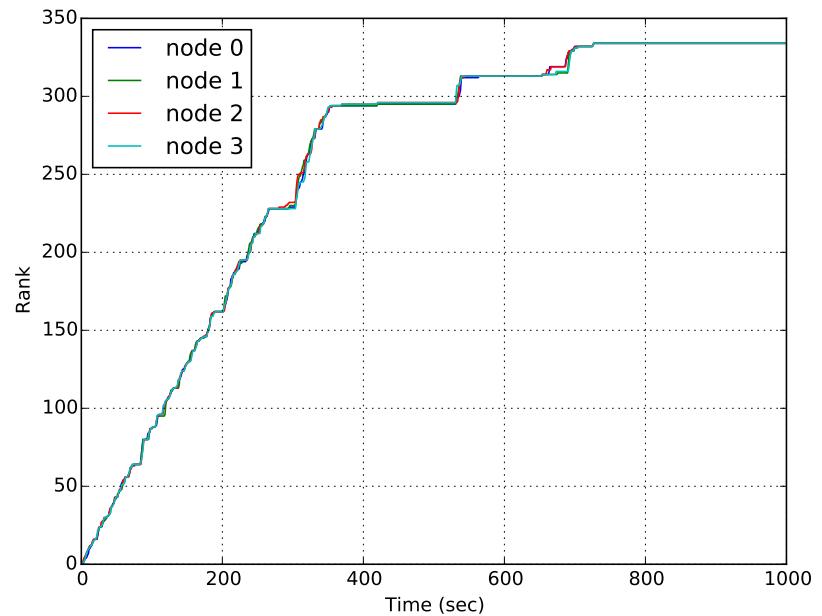
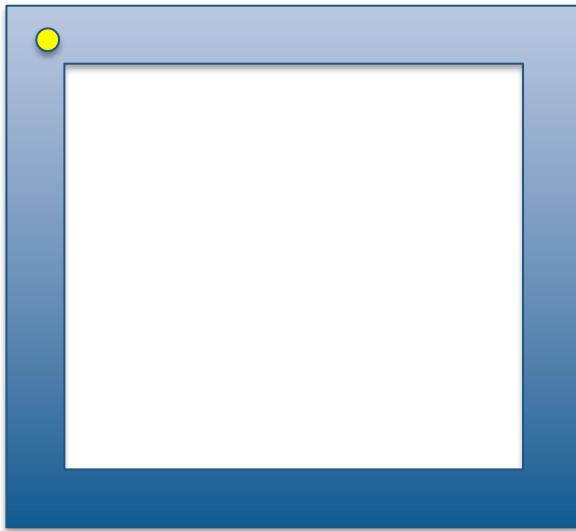
Simulations, résultats avec la mobilité

- Simulation d'un réseau fortement mobile (150 m/s à 3000 m/s)



Simulations, résultats “scénario militaire”

- Scénario de surveillance de zone
- Note: besoin d'adaptation de débit



6

Codage Réseau

Performances fondamentales

Performances fondamentales

- Question : combien de paquets (codés) pour diffuser une information à tout le réseau ?
- Réponse : ~1 par portée radio
- Preuve avec du codage réseau sur une grille torique
 - Étend un résultat précédent (pas effet de bord)
- Publication

Masucci A., Adjih C., « Capacité de Diffusion avec Codage Réseau dans les Grilles Toriques »,
ALGOTEL 2014, June 2014. + Rapport de recherche Inria
- Utilisation du théorème de Kneser (combinatoire additive)

Statement [edit]

Let G be a non-trivial [abelian group](#) and A, B finite non-empty subsets. If $|A| + |B| \leq |G|$ then there is a finite subgroup H of G such that^[3]

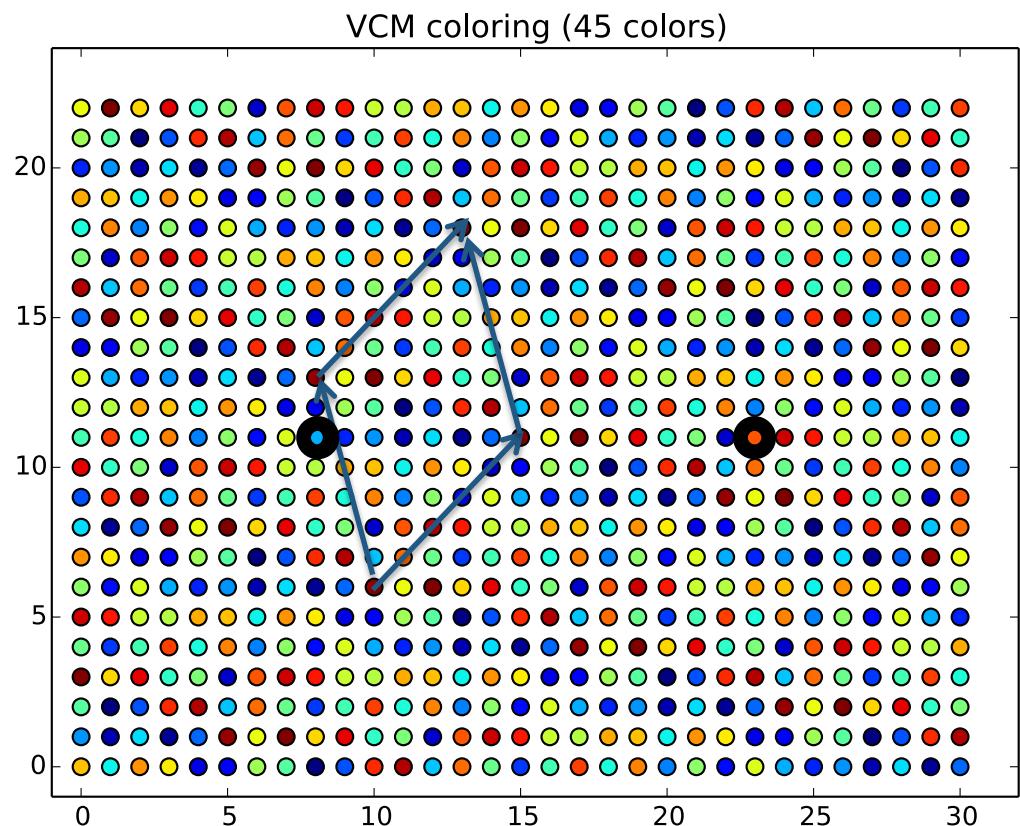
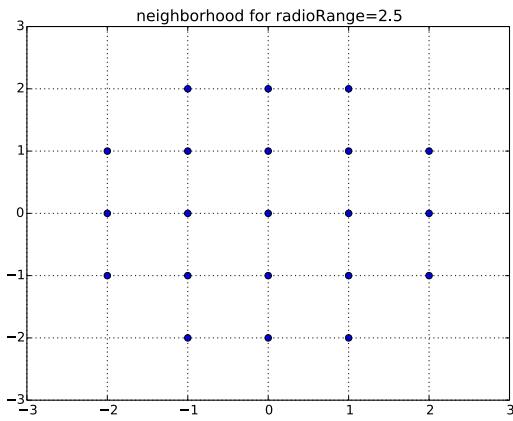
$$\begin{aligned}|A + B| &\geq |A + H| + |B + H| - |H| \\ &\geq |A| + |B| - |H|.\end{aligned}$$

The subgroup H can be taken to be the [stabiliser](#)^[2] of $A+B$

$$H = \{g \in G : g + (A + B) = (A + B)\}.$$

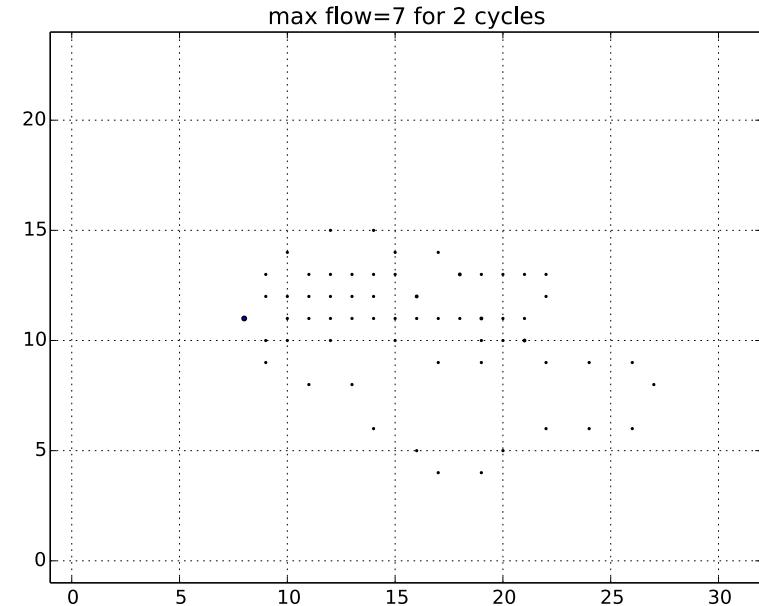
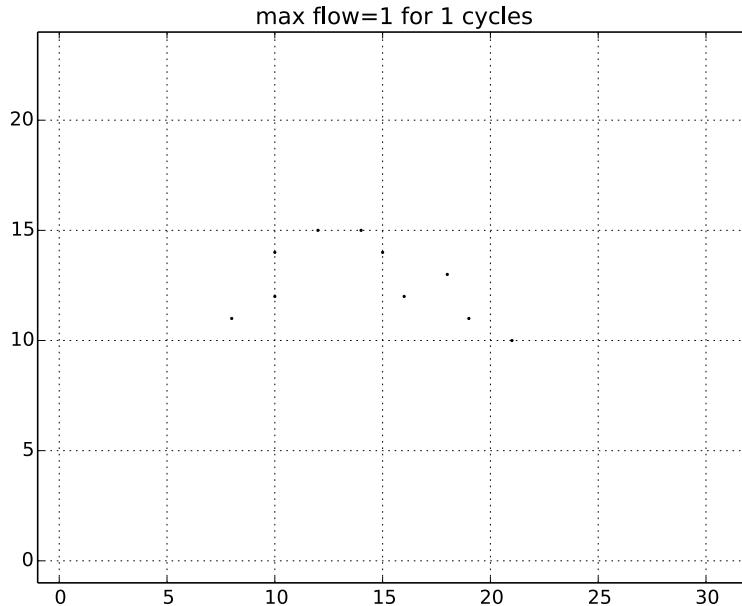
Performances fondamentales, illustration

- Réseau colorié
avec VCM
 $(r = 2.5)$



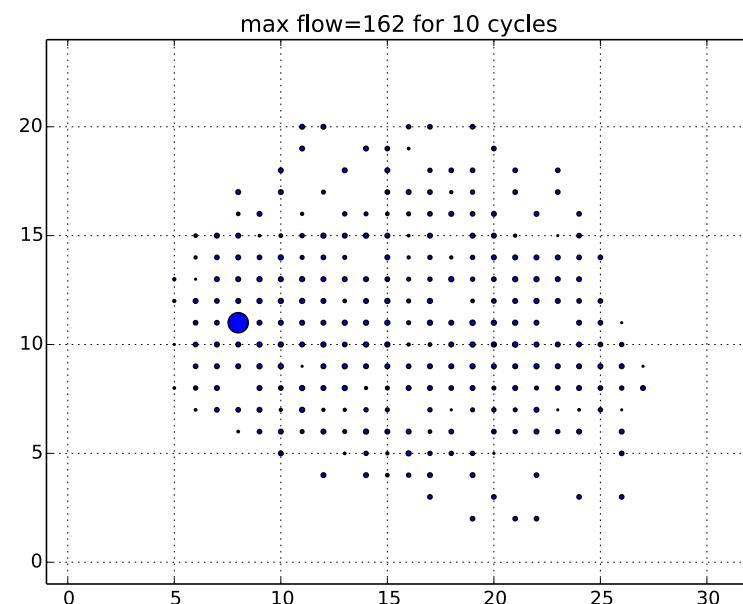
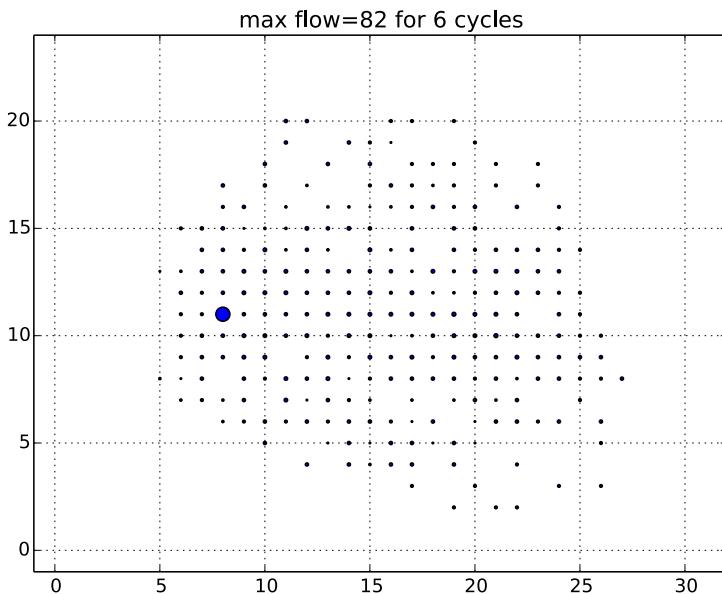
Performances fondamentales, illustration

- 1 cycle, 2 cycles



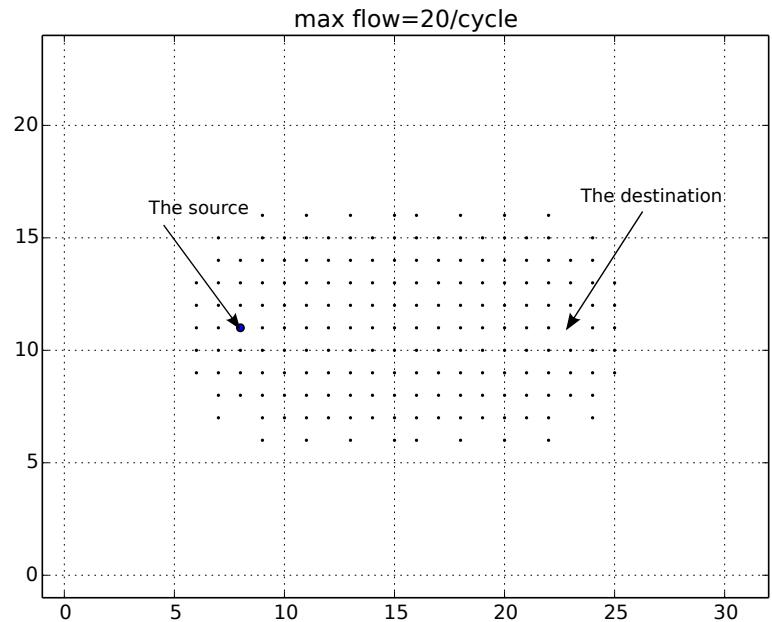
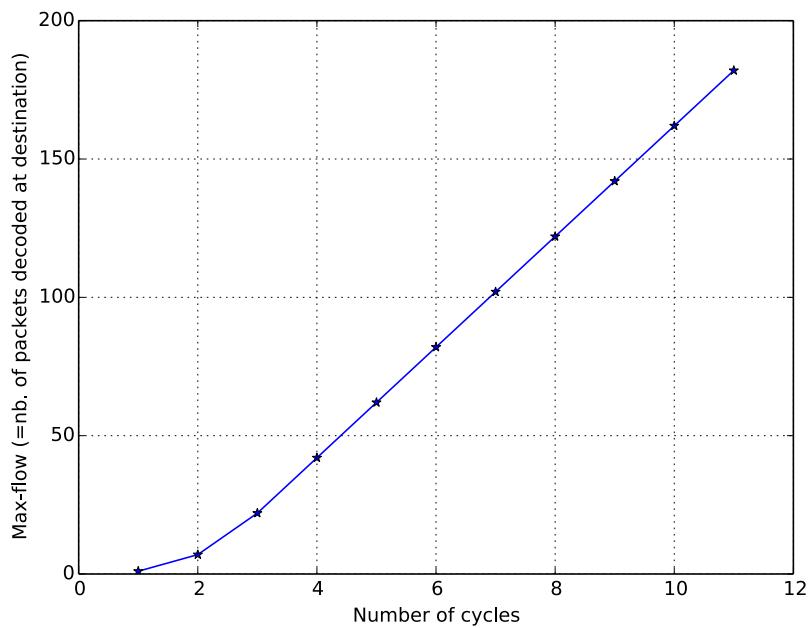
Performances fondamentales, illustration

- 6 cycle, 10 cycles



Performances fondamentales, illustration

- mesuré et théorique



- Extension pour un modèle de canal plus réaliste

6

Dissémination

Performances fondamentales

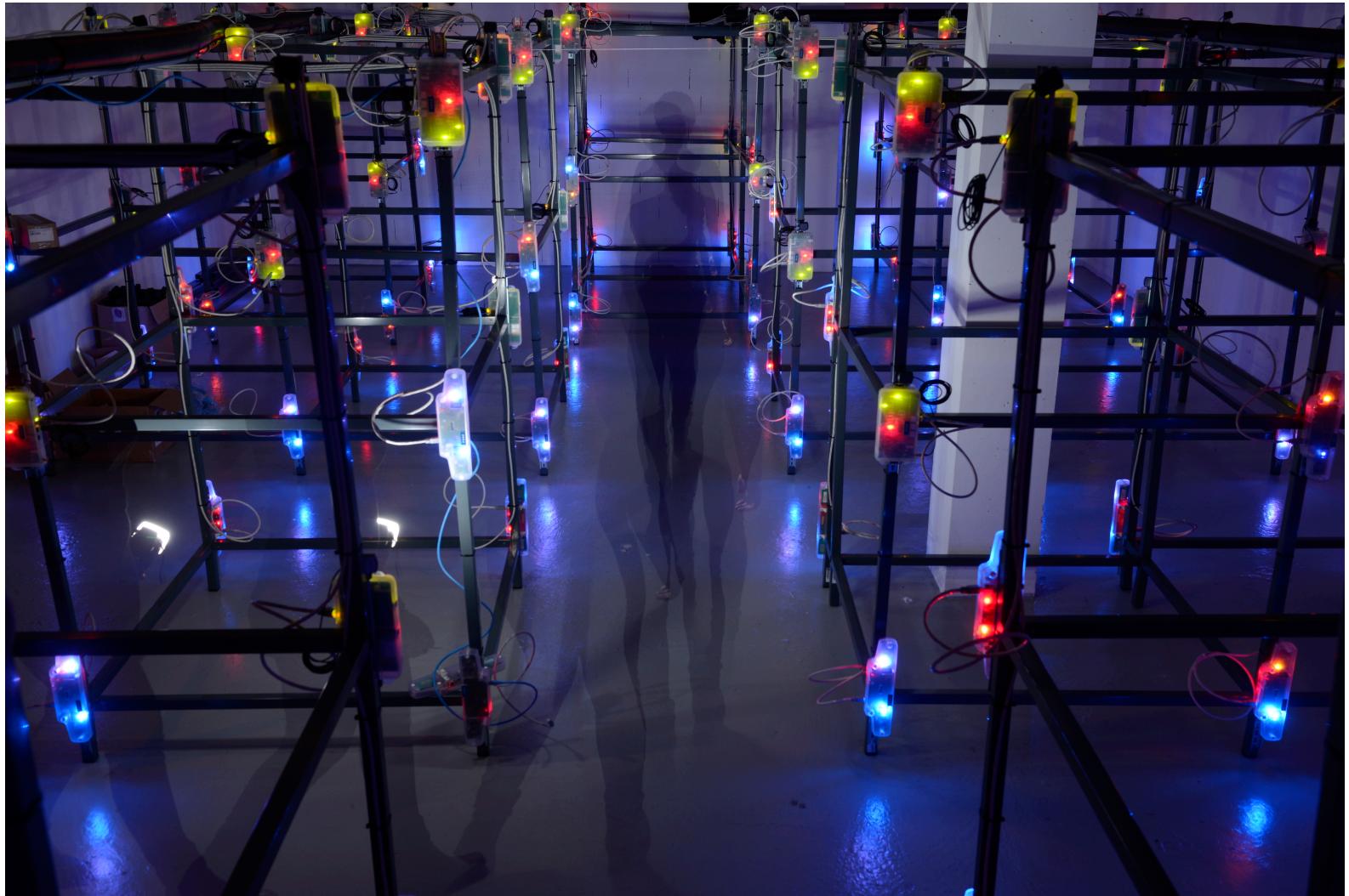
Dissémination (IRTF/IETF)

- Participation à l'IRTF, groupe « nwcrg »
 - créé à l'IRTF en nov. 2013, avancées irrégulières
 - scénarios, et utilisation proposés
 - question des brevets
- Drafts individuels :
 - Broadcast/Dragoncast, CISEW
 - Participation au document du groupe « Network Coding Taxonomy »
 - Participation au draft « Impact of Virtualization and SDN on Emerging Network Coding », Khasnabish et al.

Dissémination (Publications/Code)

- Publications déjà mentionnées
- Implémentation du codage linéaire « DragonNet »
pour réseau de capteurs
 - Diffusion en « Open Source » (license type BSD)
 - Problème de brevets ... (codage linéaire aléatoire)
 - Vu avec R.I. et S.J. (publication à fin de recherche)
 - Plusieurs parties :
 - Codage linéaire (pour réseau de capteurs)
 - DragonNet (utilisation OTA)
 - Simulateur
 - Dépend aussi des participants du groupe

Dissémination (expériences automatisées)



(© Inria / Photo H. Raguet)

merci



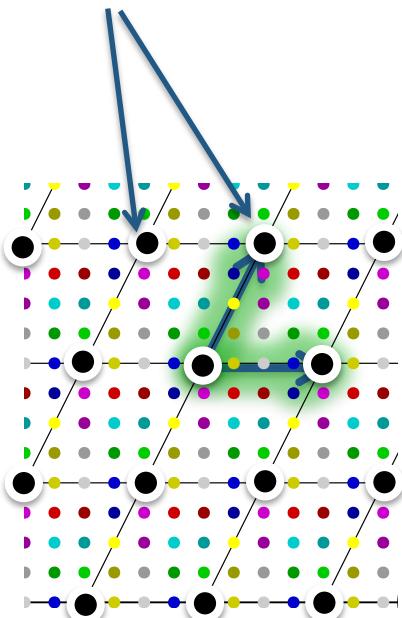
LIEU
LOCALISATION
www.inria.fr

Combinaison du routage et du coloriage ORCHID

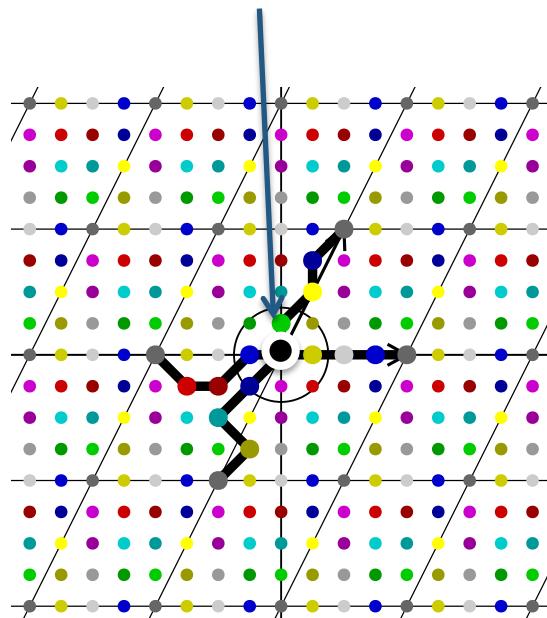
- Pour codage réseau et unicast :
 - Nécessité de savoir:
 - Quels noeuds vont coder (chemins)
 - Nécessité de multi-chemin
 - Bonne adéquation : ORCHID
 - Ordonnancement TDMA avec une structure en grille

Combinaison du routage et du coloriage ORCHID

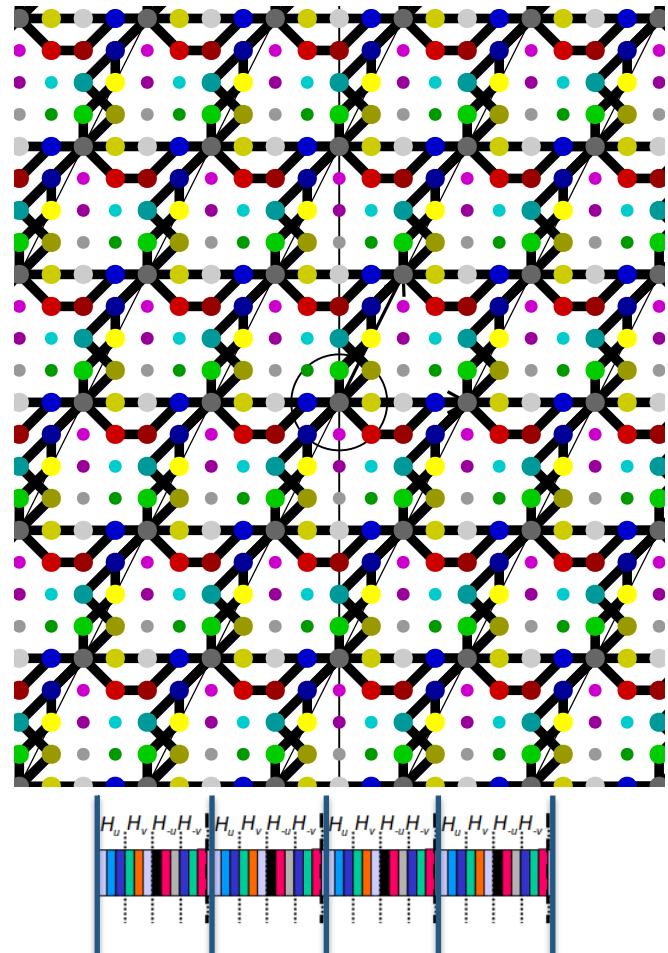
Aggregators



“c” (4) at one aggregator



All aggregators and highways



Combinaison du routage et du coloriage ORCHID

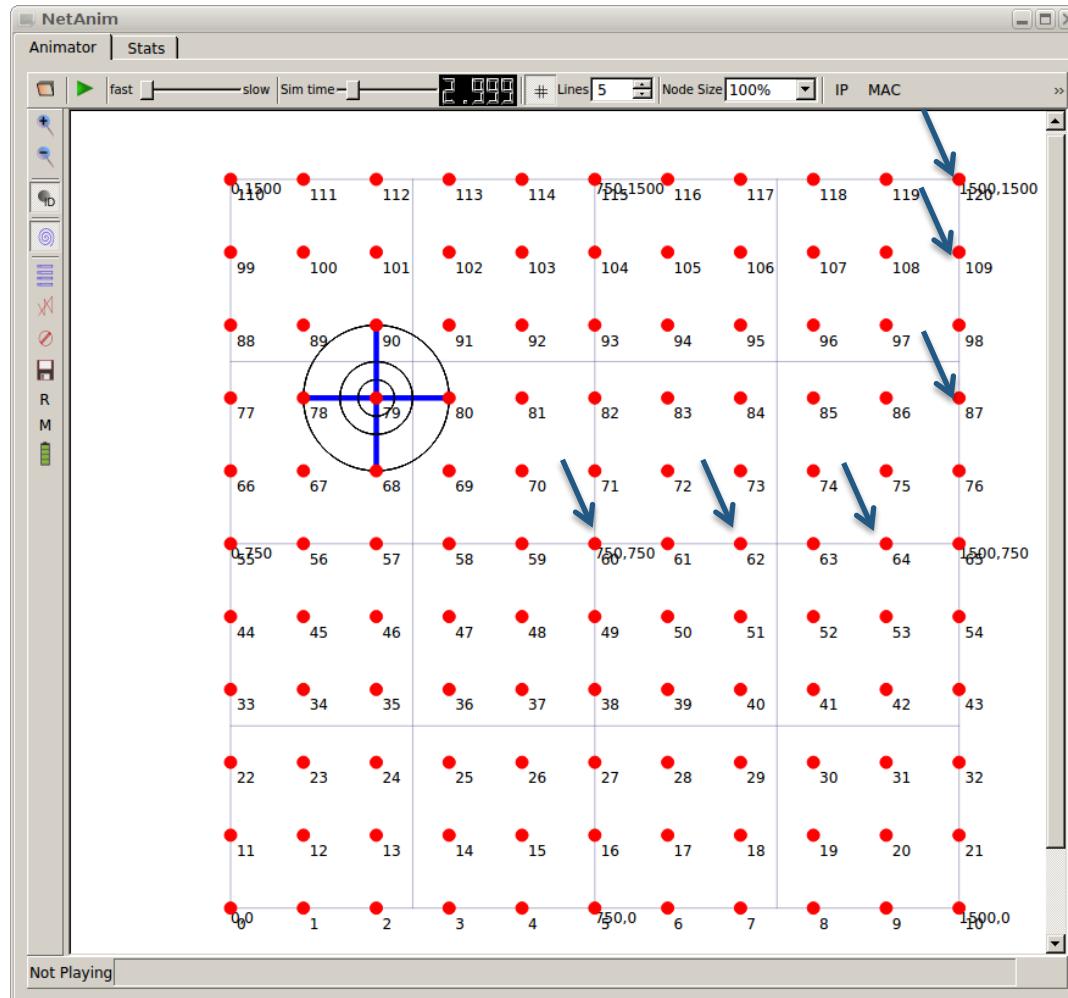
- Idée : étaler le trafic sur plusieurs chemins
 - Entre source et destination
- Redondance fractionnaire envisageable ($m+1$ chemins)
- Preuve donnée dans livrable 6:
 - Pour $m = 4$ (4 chemins)
 - Principe de la preuve extensible
 - En deux parties : local/global

merci



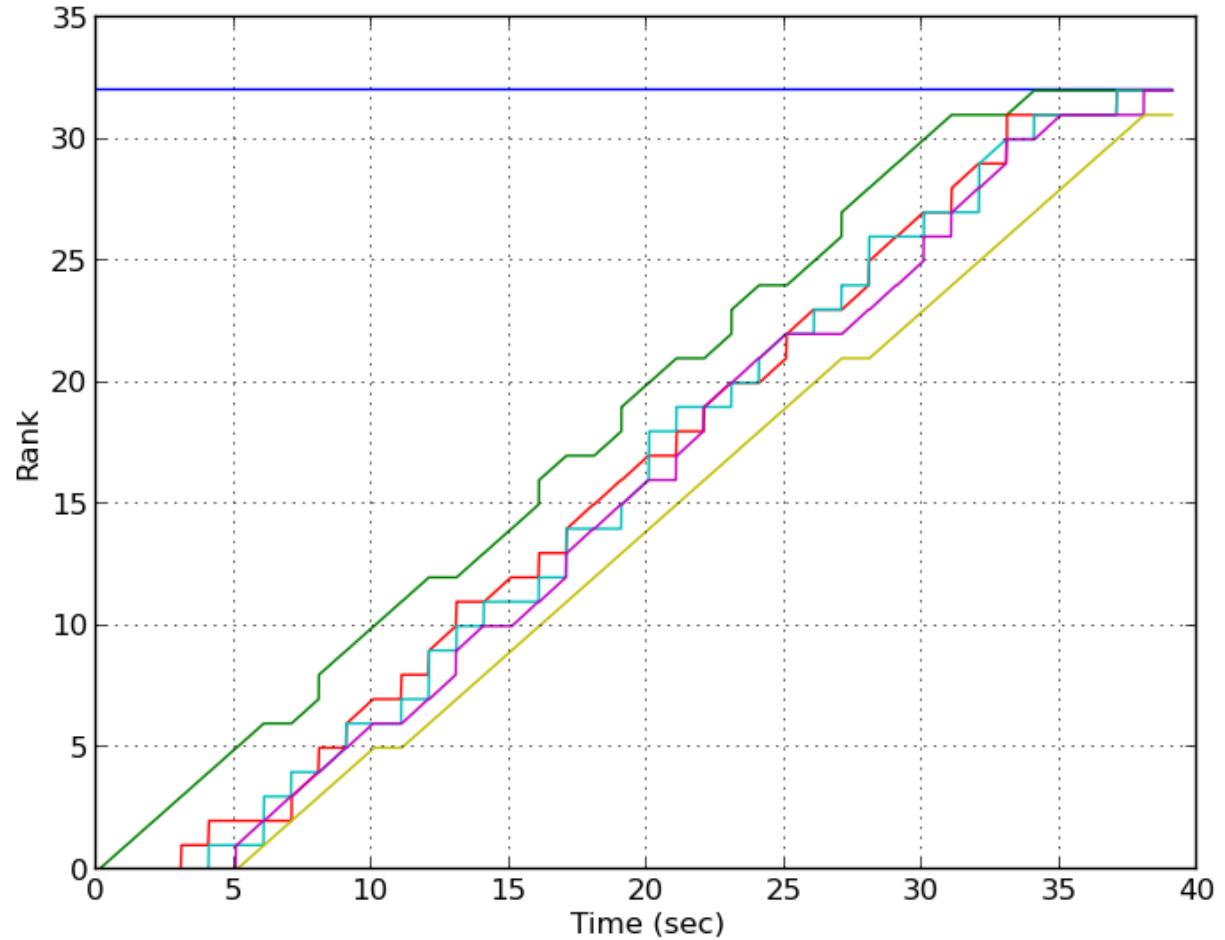
LIEU
LOCALISATION
www.inria.fr

Module codage réseau sous ns-3



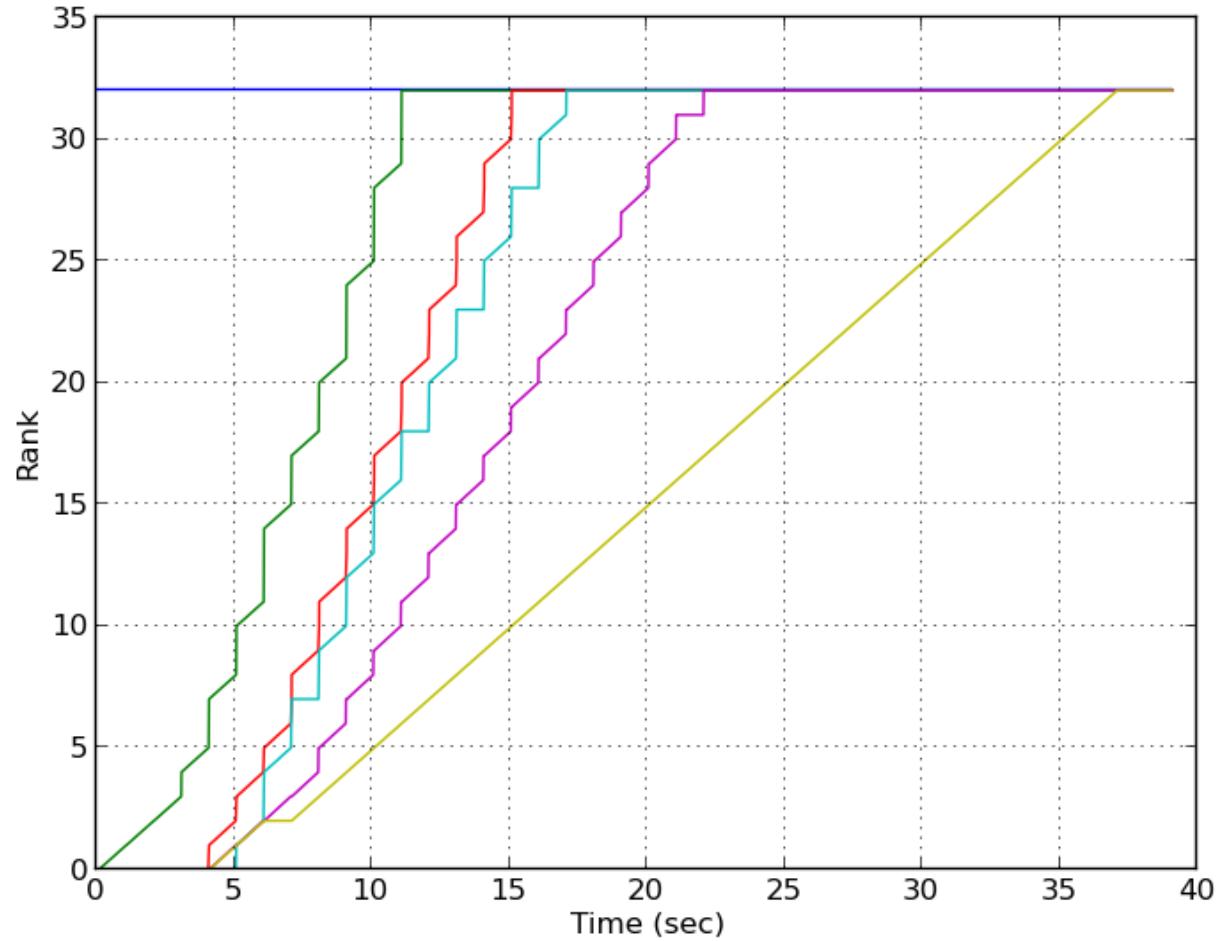
Module codage réseau sous ns-3

Débit
source
1 p/s



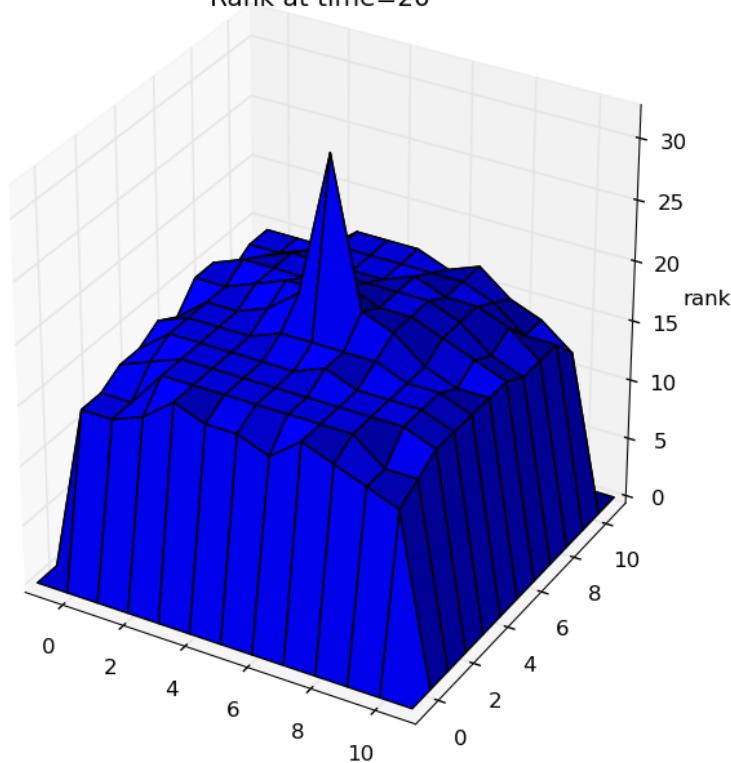
Module codage réseau sous ns-3

Débit
source
4 p/s



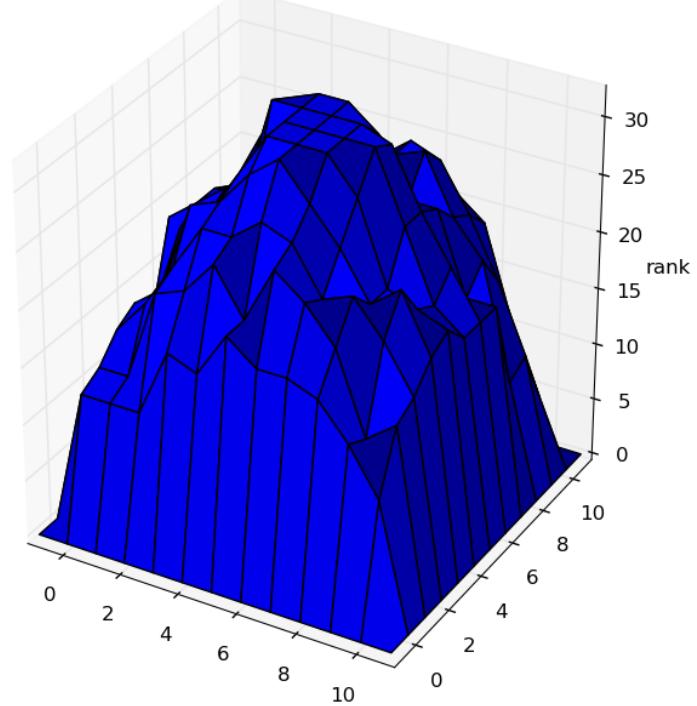
Module codage réseau sous ns-3

Rank at time=20



1 p/s

Rank at time=12



4 p/s

Codage Réseau - Plan

- Implémentation sur réseau de capteurs

