



Introduction d'États au Niveau MAC pour Réseaux de Capteurs Efficaces en Énergie

Julien Beaudaux - Antoine Gallais - Thomas Noël

Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédétection
(CNRS UMR 7005)
Université de Strasbourg

Contexte

Projet Dahlia :

- ✓ Télémédecine et assistance à domicile
- ✓ Solutions fermées, filaires et non adaptatives
- ✓ Utilisation de capteurs sans-fil
 - ✓ Déploiement facilité
 - ✓ Collecte dynamique de données
 - ✓ Adaptation du réseau



Défis :

- ✓ Contraintes énergétiques fortes
- ✓ Liens à fort taux de perte
- ✓ Nœuds mobiles
- ✓ ...

Capteurs sans-fil

1. Batterie
2. Radio CC1100
3. Antenne intégrée
4. Capteurs de température et luminosité
5. Microcontrôleur MSP430
8Mhz, 10Ko RAM,
48Ko ROM



Contexte

Projet Dahlia :

- ✓ Télémédecine et assistance à domicile
- ✓ Solutions fermées, filaires et non adaptatives
- ✓ Utilisation de capteurs sans-fil
 - ✓ Déploiement facilité
 - ✓ Collecte dynamique de données
 - ✓ Adaptation du réseau



Défis :

- ✓ Contraintes énergétiques fortes
- ✓ Liens à fort taux de perte
- ✓ Nœuds mobiles
- ✓ ...

Au niveau MAC

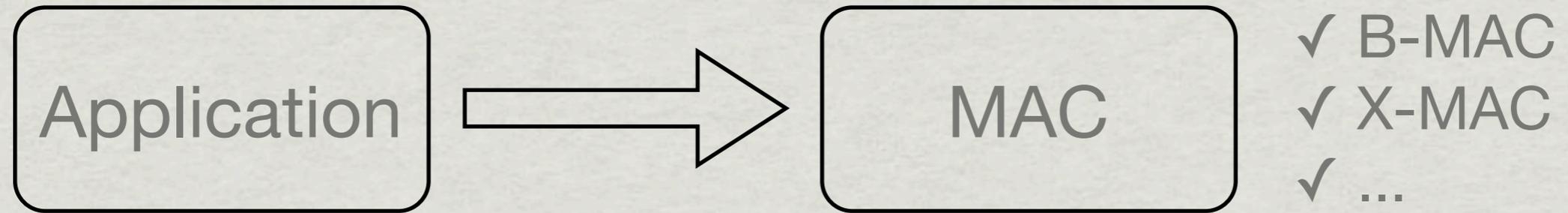
Protocoles actuels :

- ✓ configuration homogène dans le réseau
- ✓ aucun lien avec la couche applicative

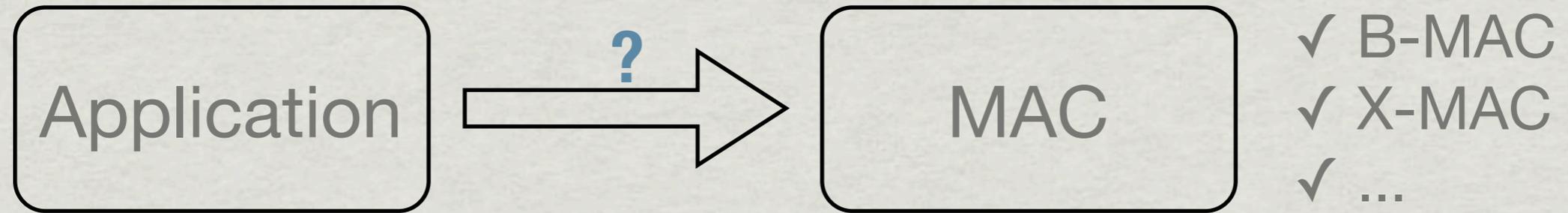
Protocoles actuels :

- ✓ introduction d'états d'activité
- ✓ états dépendant de l'application
- ✓ profilage opéré via des couches d'abstraction

Au niveau MAC

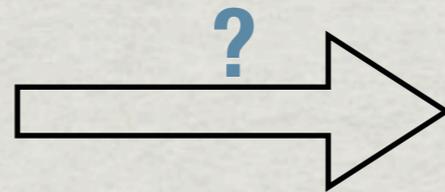


Au niveau MAC



Au niveau MAC

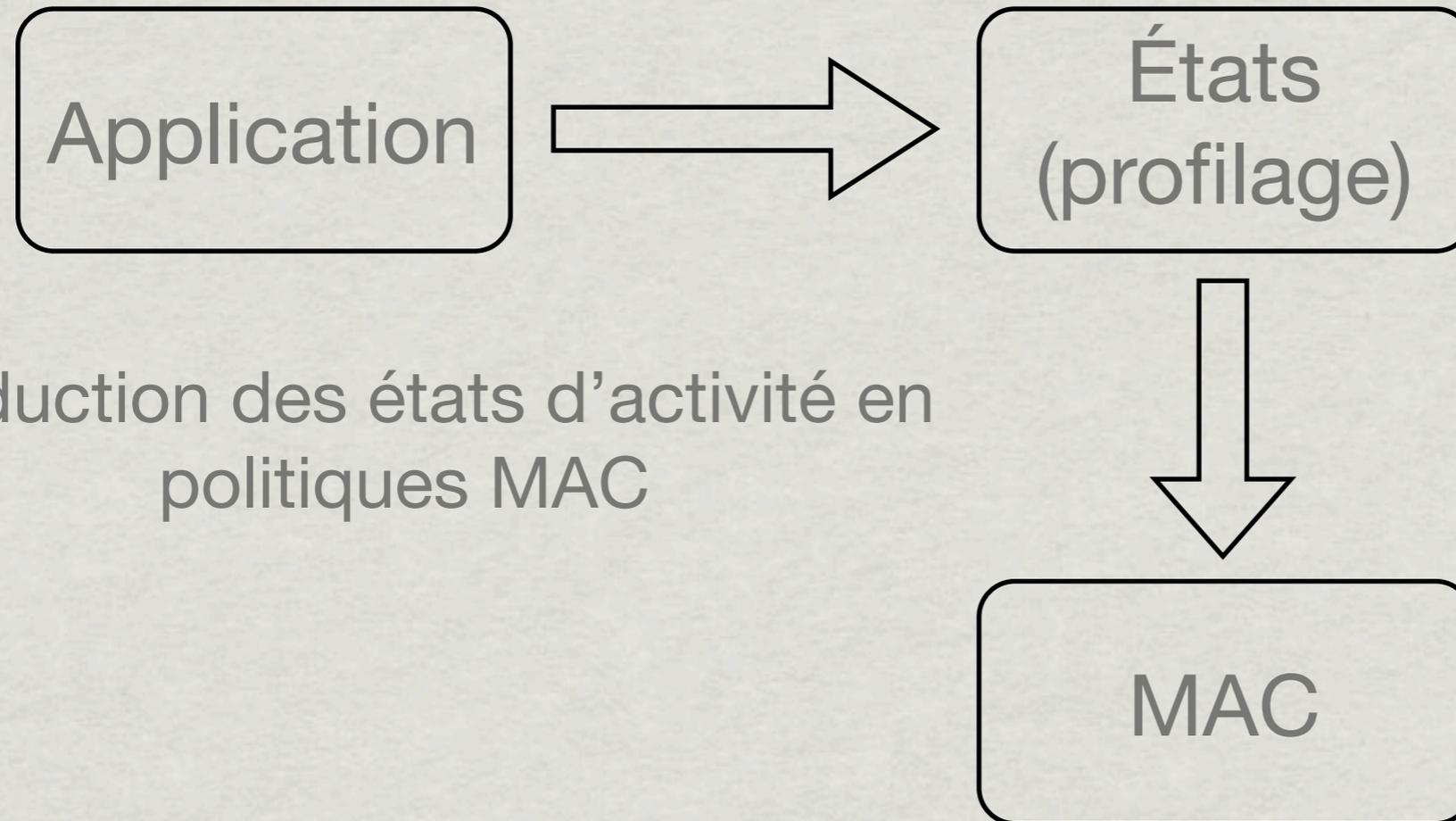
Application



- ✓ B-MAC
- ✓ X-MAC
- ✓ ...

MAC

Au niveau MAC



Traduction des états d'activité en politiques MAC

Exemple : Adaptation des tailles de préambules et périodes de veille

R. Kuntz, A. Gallais et T. Noël

From Versatility to Auto-Adaptation of the Medium Access Control in Wireless Sensor Networks

Elsevier Journal of Parallel and Distributed Computing (JPDC), Octobre 2010

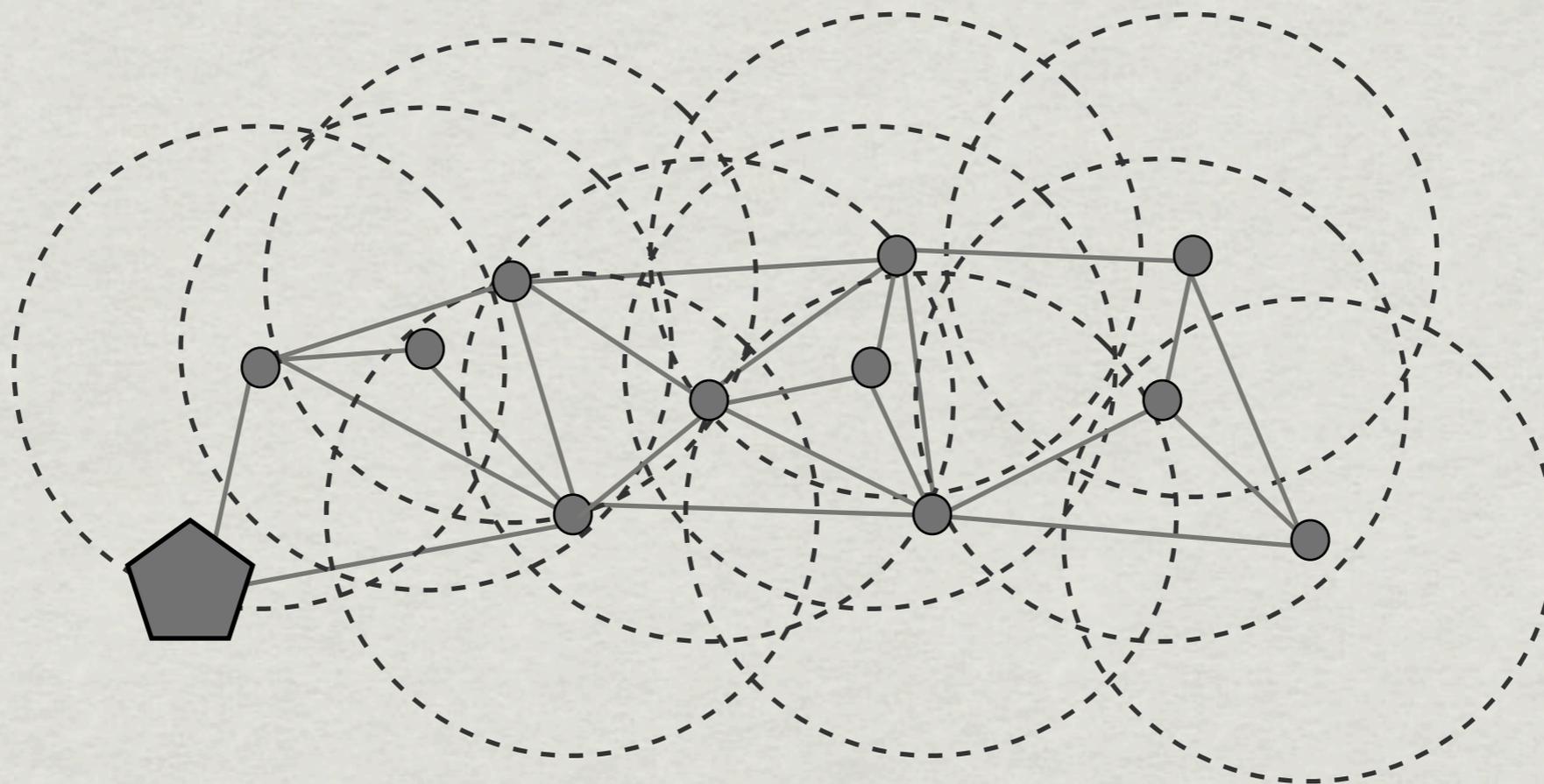
Économie d'énergie

Objectifs :

- ✓ Partitionner les capteurs selon plusieurs niveaux d'activité
- ✓ Niveaux d'activité déterminés par l'application

Exemple de problème associé :

- ✓ Couverture de surface par ensembles connectés



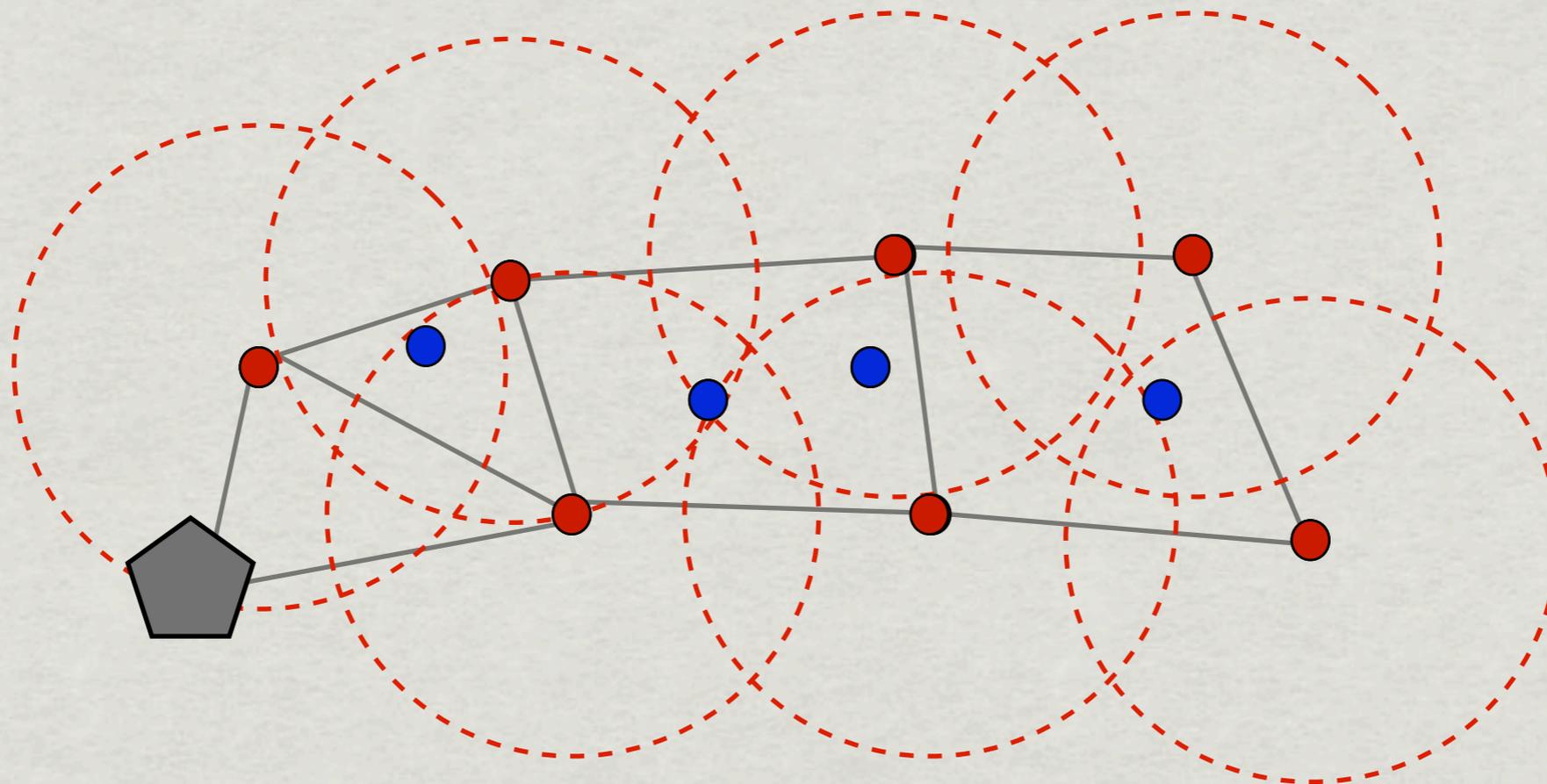
Économie d'énergie

Objectifs :

- ✓ Partitionner les capteurs selon plusieurs niveaux d'activité
- ✓ Niveaux d'activité déterminés par l'application

Exemple de problème associé :

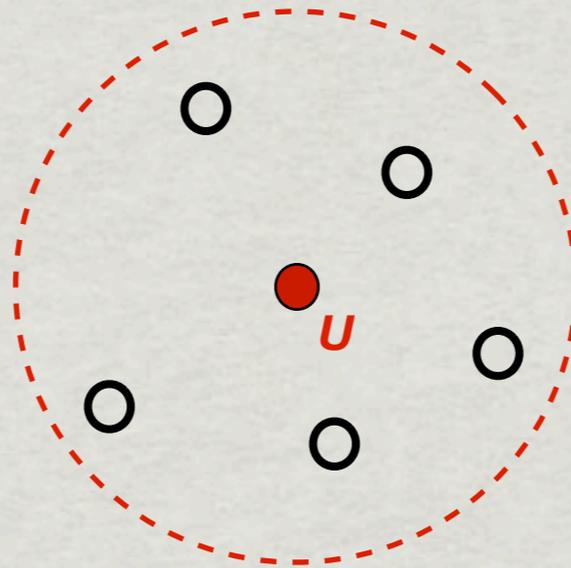
- ✓ Couverture de surface par ensembles connectés



Économie d'énergie

Solutions :

- ✓ Éteindre temporairement un sous-ensemble de noeuds non-nécessaires à la couverture (Positive-Only & Positive-Retreat)



Le noeud u n'a aucun voisin actif actuellement.
Il doit donc rester actif car il n'est pas couvert.

Antoine Gallais, Jean Carle, David Simplot-Ryl et Ivan Stojmenovic

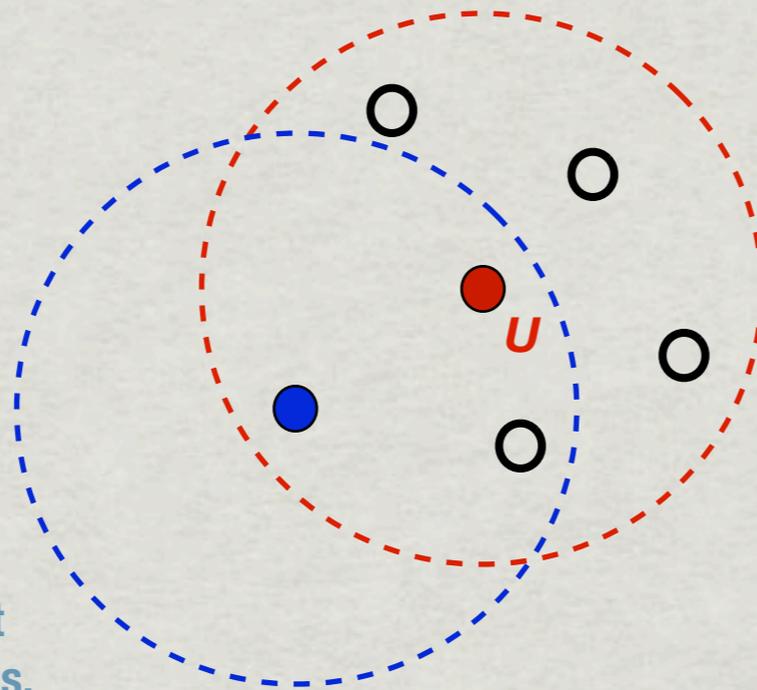
Localized Sensor Area Coverage with Low Communication Overhead

IEEE Transactions on Mobile Computing (TMC), 5(7):661-672, Mai 2008

Économie d'énergie

Solutions :

- ✓ Éteindre temporairement un sous-ensemble de noeuds non nécessaires à la couverture (Positive-Only & Positive-Retreat)



Les noeuds bleus ont décidé avant d'être actifs mais ne le couvrent pas.

Antoine Gallais, Jean Carle, David Simplot-Ryl et Ivan Stojmenovic

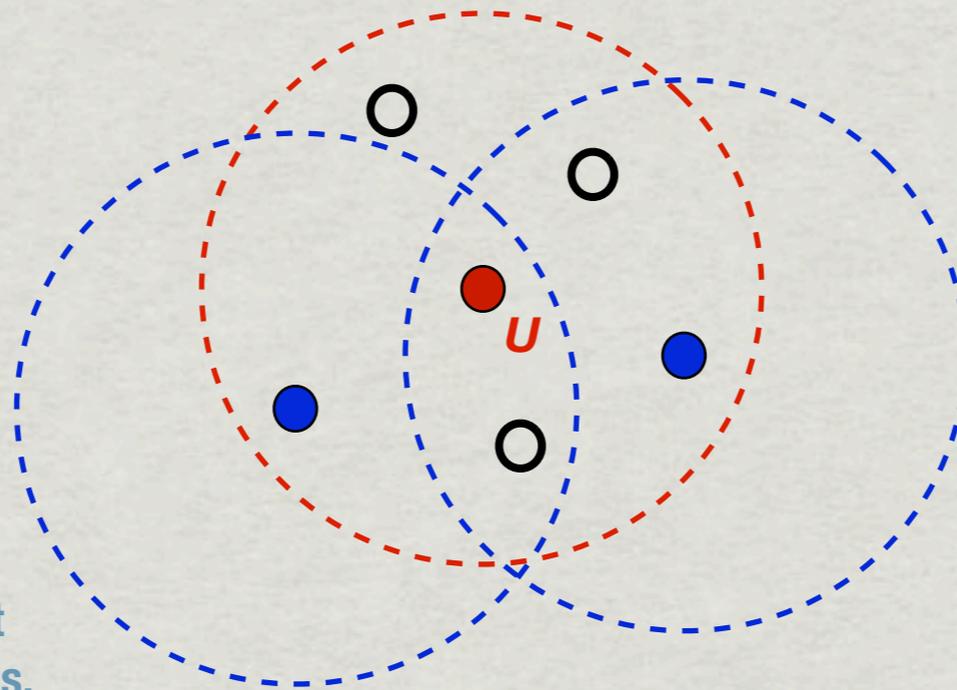
Localized Sensor Area Coverage with Low Communication Overhead

IEEE Transactions on Mobile Computing (TMC), 5(7):661-672, Mai 2008

Économie d'énergie

Solutions :

- ✓ Éteindre temporairement un sous-ensemble de noeuds non nécessaires à la couverture (Positive-Only & Positive-Retreat)



Les noeuds bleus ont décidé avant d'être actifs mais ne le couvrent pas.

Antoine Gallais, Jean Carle, David Simplot-Ryl et Ivan Stojmenovic

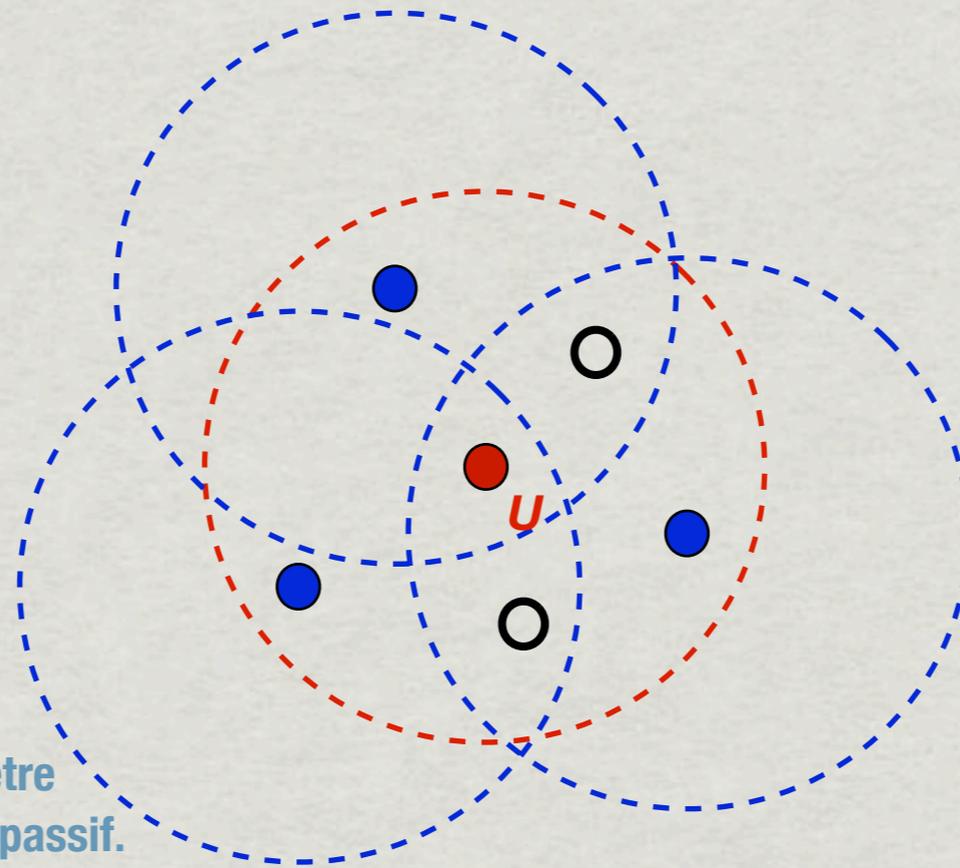
Localized Sensor Area Coverage with Low Communication Overhead

IEEE Transactions on Mobile Computing (TMC), 5(7):661-672, Mai 2008

Économie d'énergie

Solutions :

- ✓ Éteindre temporairement un sous-ensemble de noeuds non nécessaires à la couverture (Positive-Only & Positive-Retreat)



Les noeuds bleus ont décidé avant d'être actifs et le couvrent. u peut donc devenir passif.

Antoine Gallais, Jean Carle, David Simplot-Ryl et Ivan Stojmenovic

Localized Sensor Area Coverage with Low Communication Overhead

IEEE Transactions on Mobile Computing (TMC), 5(7):661-672, Mai 2008

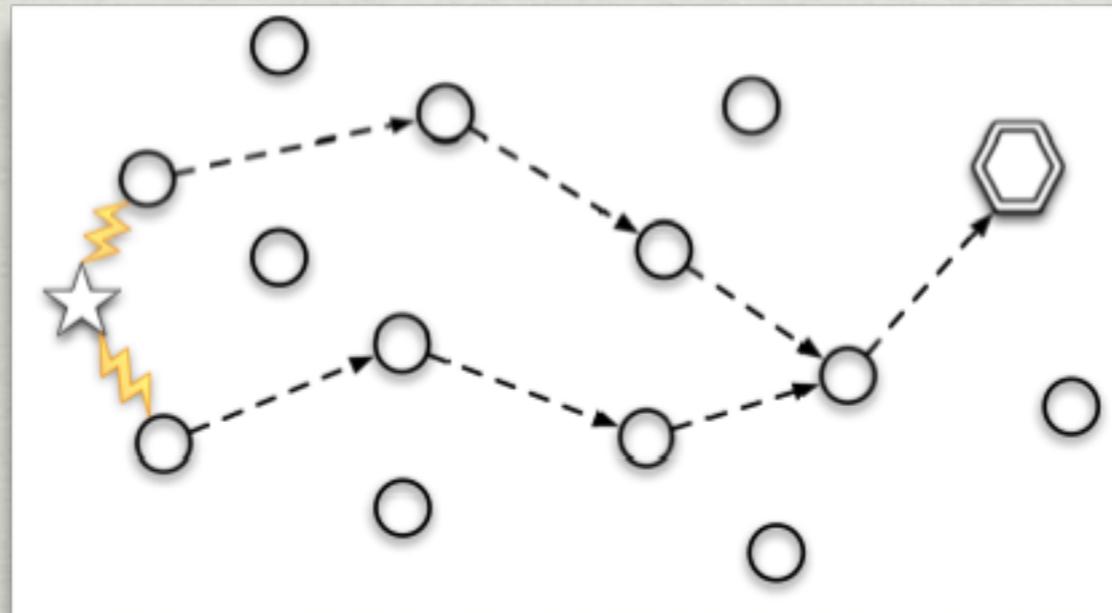
État “Sensing-Only”

Constat :

✓ Certains nœuds ne sont pas indispensables à la connexité, mais le sont pour la couverture

Idée :

- ✓ Limiter l’usage de leur radio en réception
- ✓ Sensing-Only : pas de participation aux communication multi-sauts



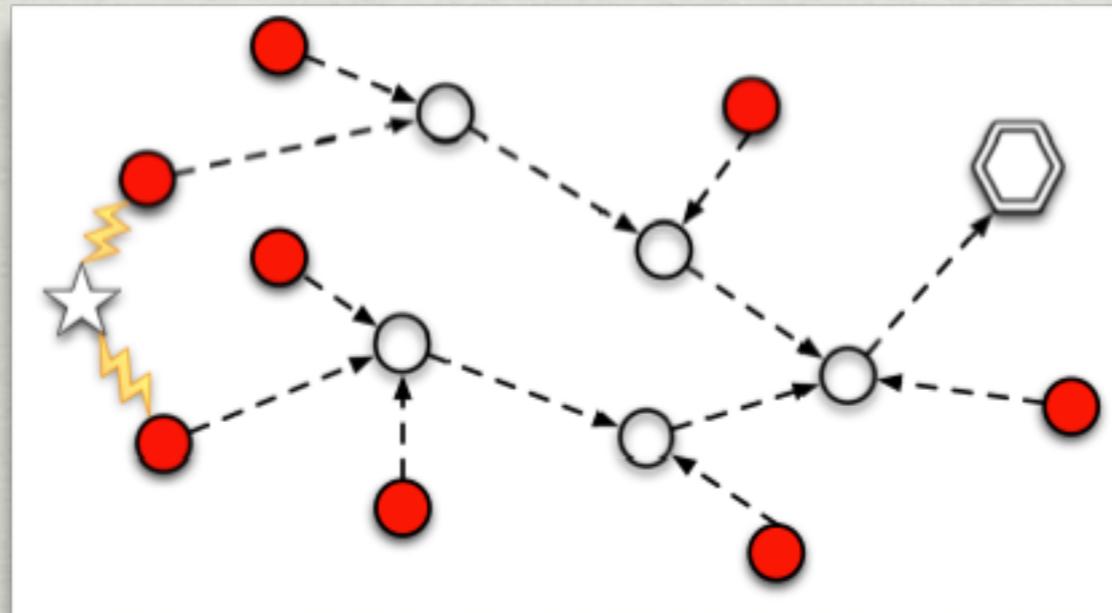
État “Sensing-Only”

Constat :

✓ Certains nœuds ne sont pas indispensables à la connexité, mais le sont pour la couverture

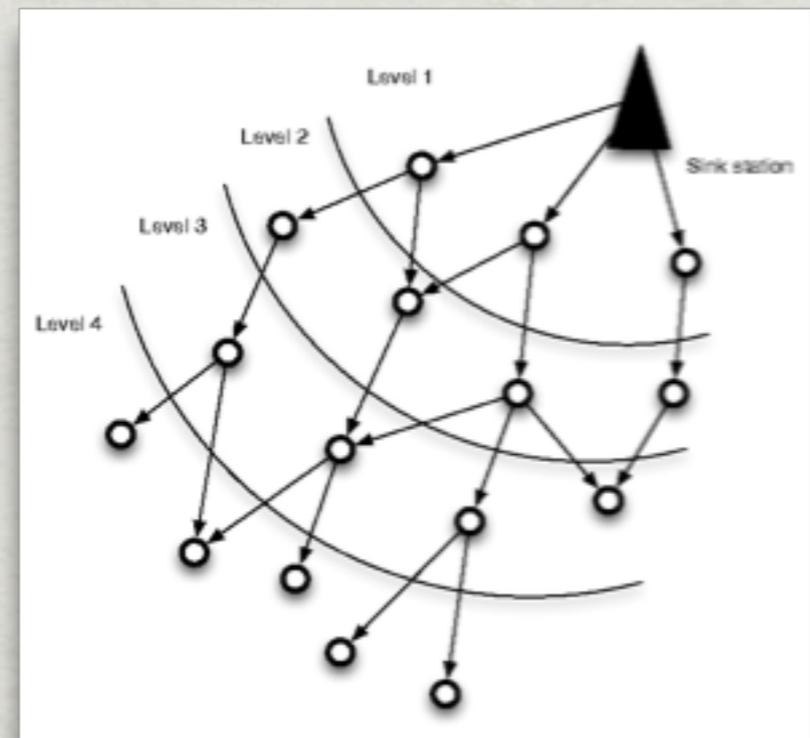
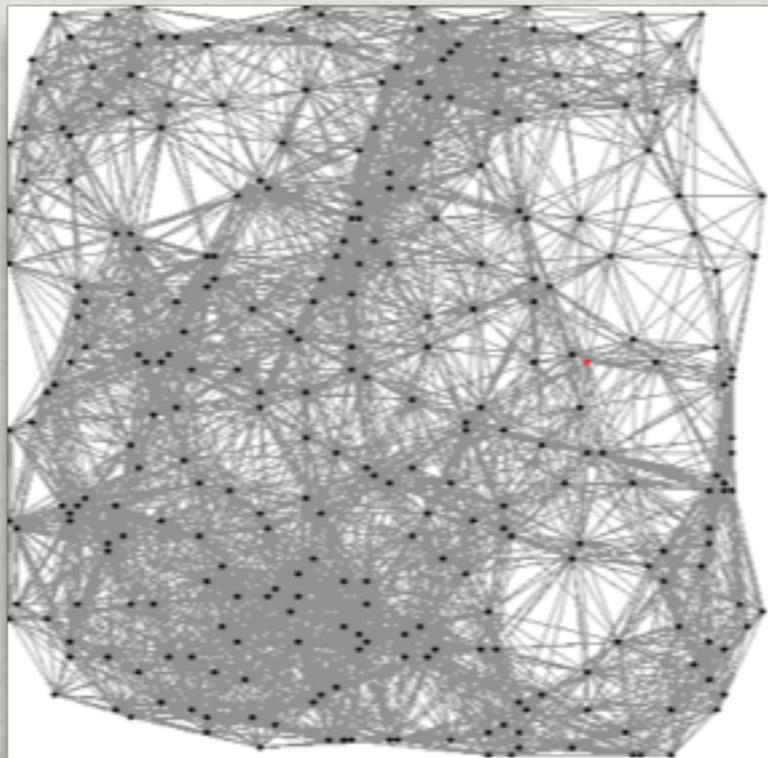
Idée :

- ✓ Limiter l’usage de leur radio en réception
- ✓ Sensing-Only : pas de participation aux communication multi-sauts



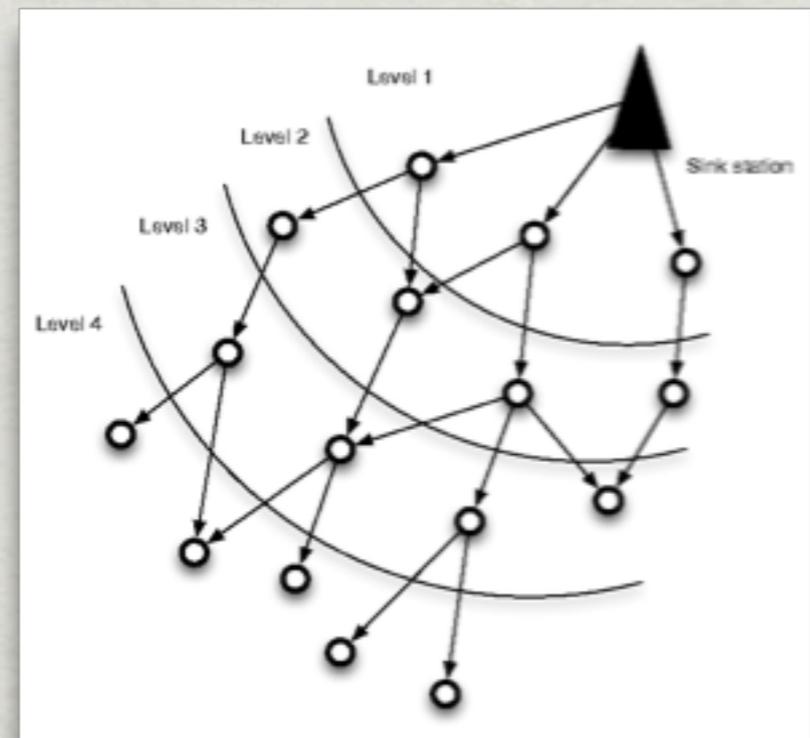
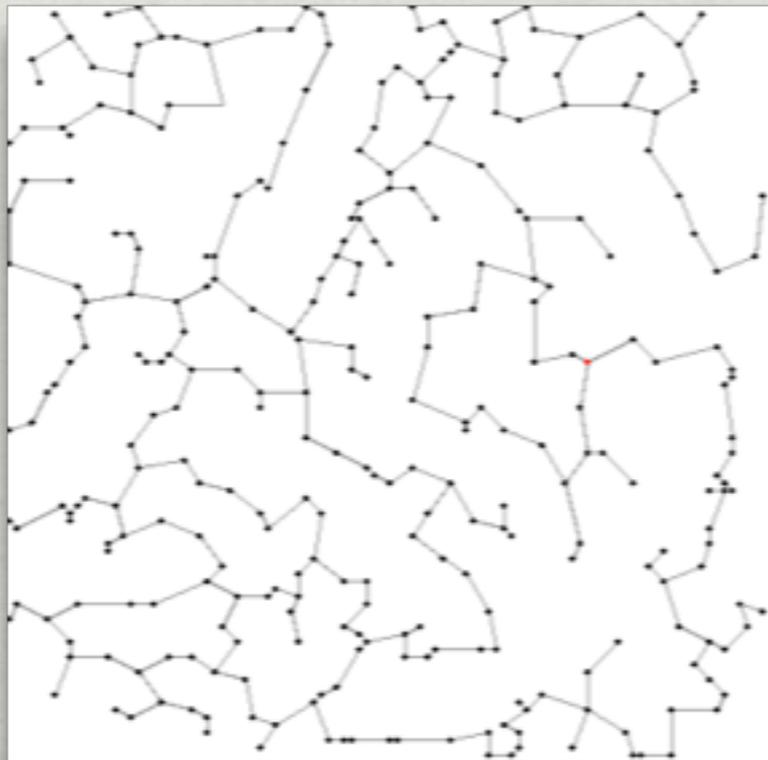
État “Sensing-Only”

- ✓ Nécessité de déterminer ce sous-ensemble
 - ✓ Maximum Leaf Spanning Tree (MLST)
- ✓ Approximations
 - ✓ k -LMST
 - ✓ utilisation des informations de routage



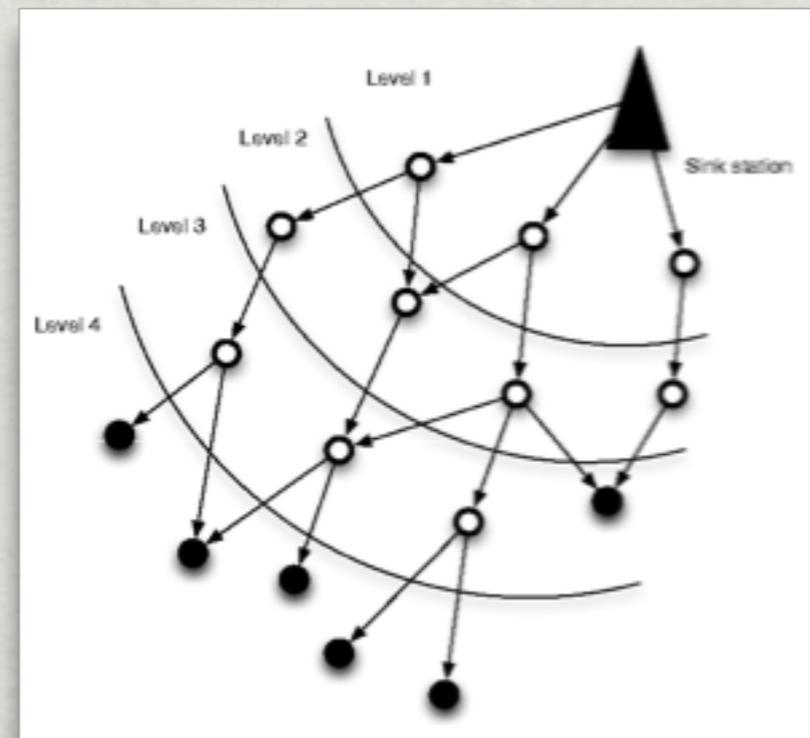
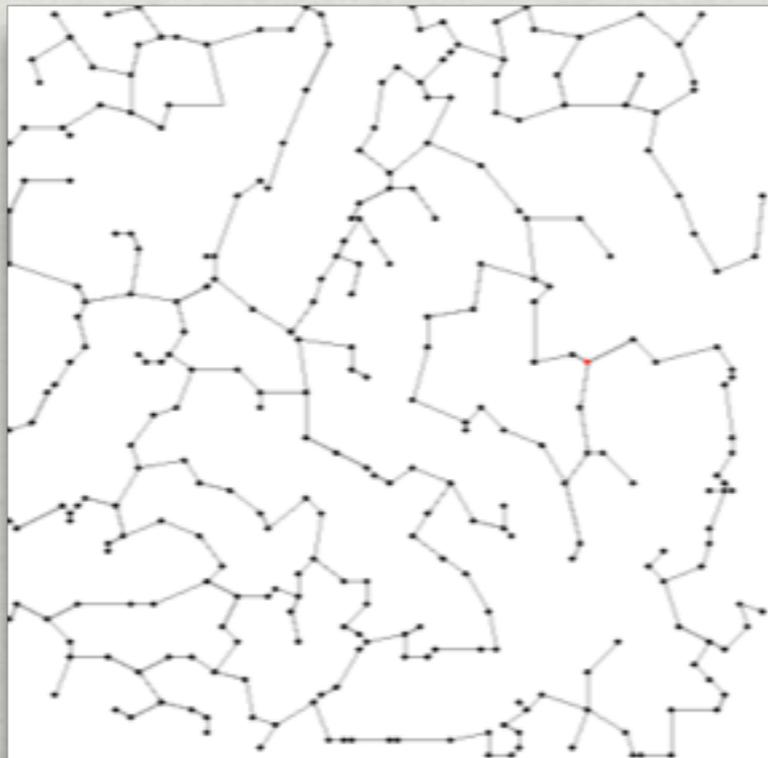
État “Sensing-Only”

- ✓ Nécessité de déterminer ce sous-ensemble
 - ✓ Maximum Leaf Spanning Tree (MLST)
- ✓ Approximations
 - ✓ k -LMST
 - ✓ utilisation des informations de routage



État “Sensing-Only”

- ✓ Nécessité de déterminer ce sous-ensemble
 - ✓ Maximum Leaf Spanning Tree (MLST)
- ✓ Approximations
 - ✓ k -LMST
 - ✓ utilisation des informations de routage



Conditions expérimentales

SIMULATEUR WSNET¹

Zone d'intérêt : 50m x 50m

entre 100 et 1000 noeuds

Rayon de communication et de capture de 10m

Couche MAC 802.15.4 CSMA/CA

Topologies uniformes et hétérogènes

PLATEFORME DE TESTS SENSLAB

Grille de 10m x 8m x 3m et topologie hétérogène

240 noeuds fixes en intérieur

Radio CC1100 à -20dBm

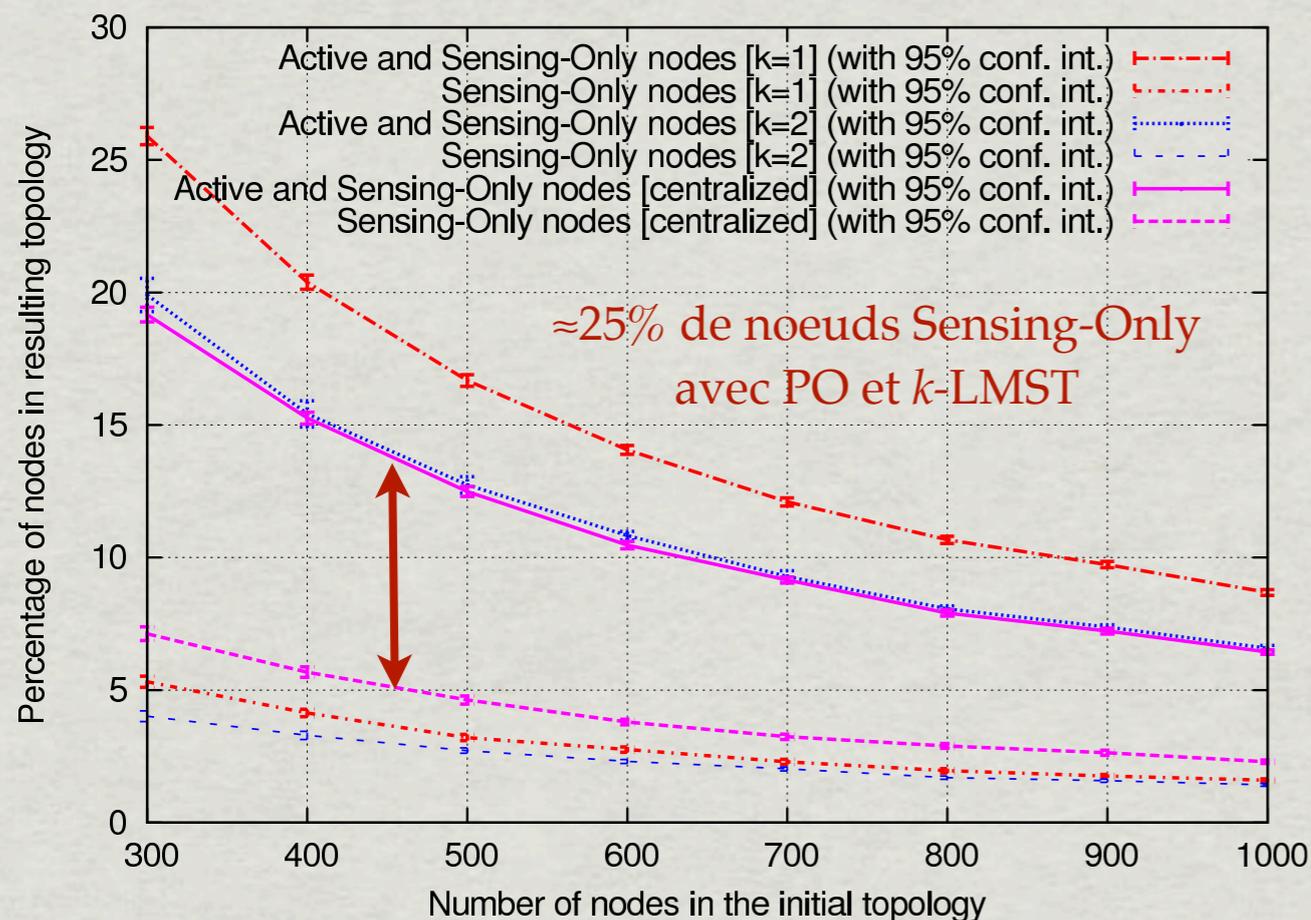
Couche MAC CSMA/CA simple



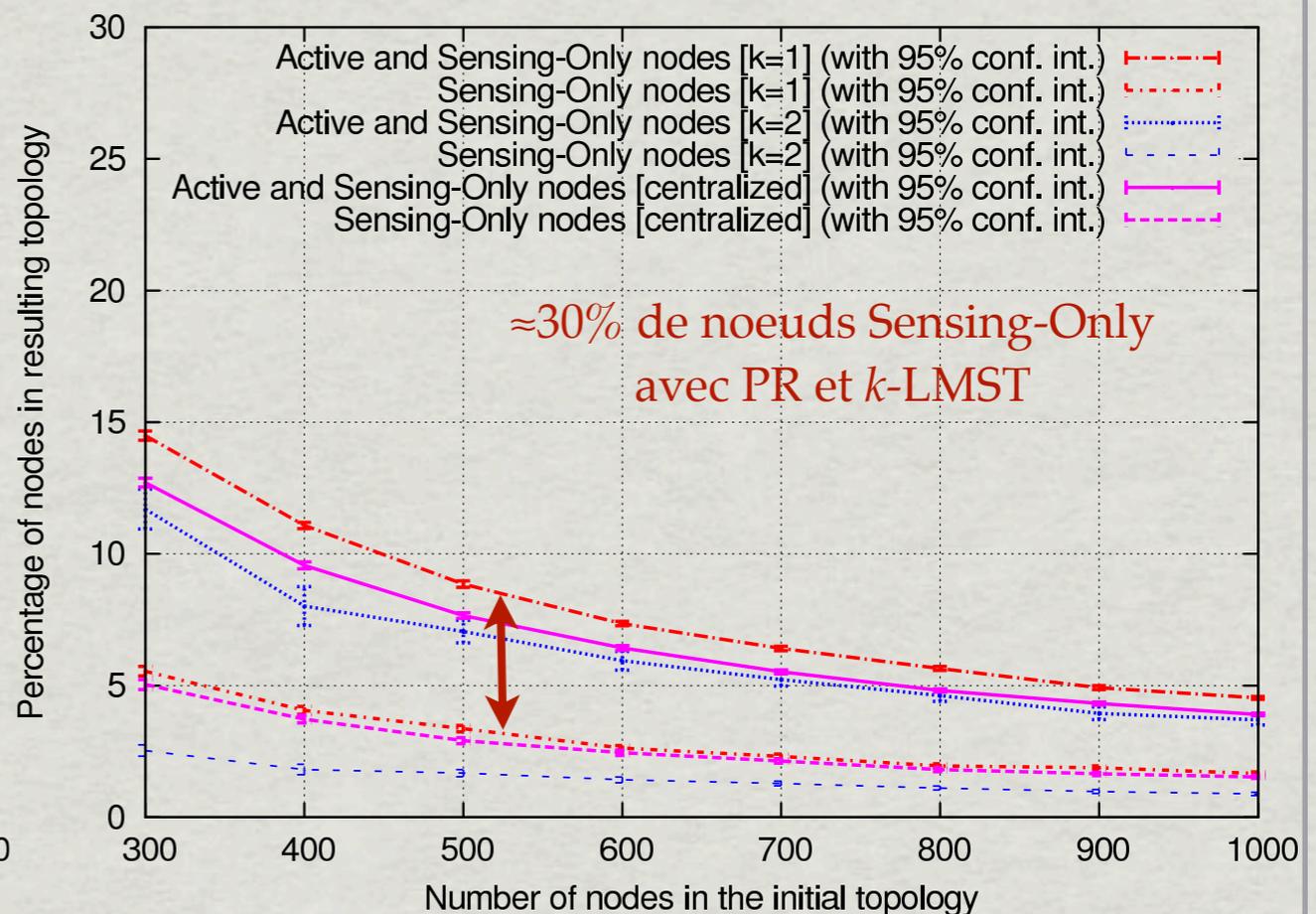
1. <http://wsnet.gforge.inria.fr>

Sensing-Only avec un k -LMST

Pourcentage de noeuds actifs et Sensing-Only en fonction de la densité initiale du réseau



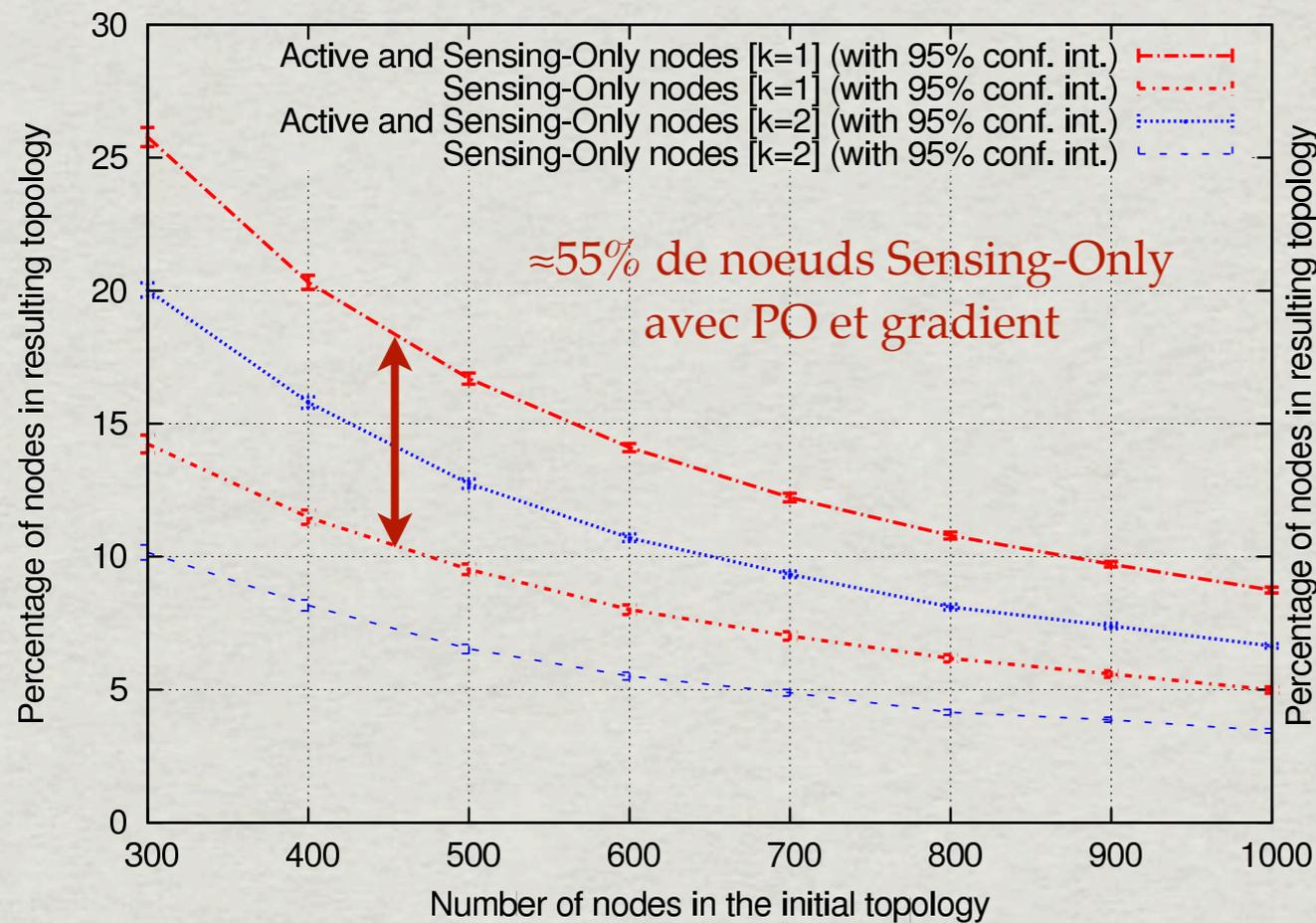
Positive-Only



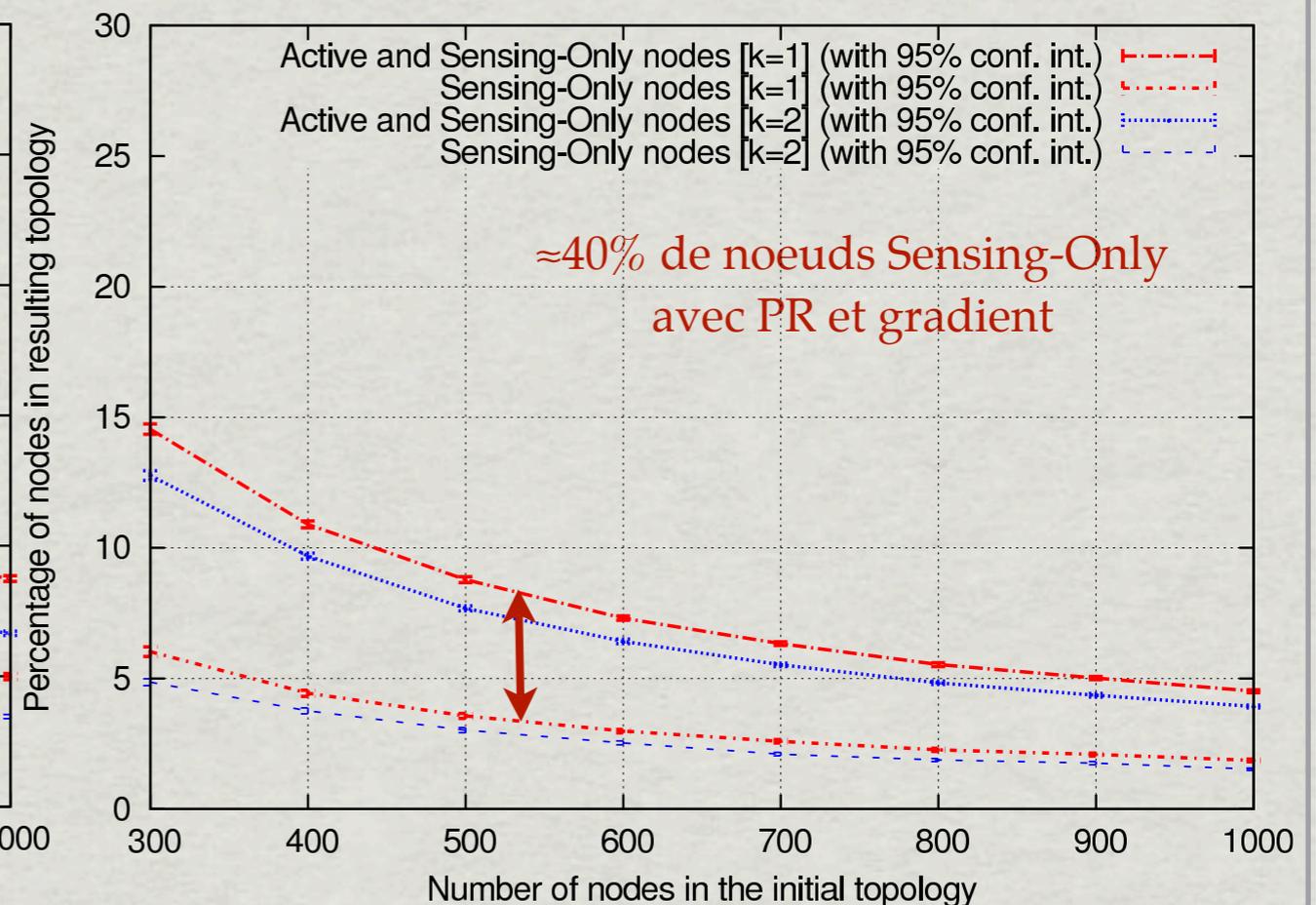
Positive-Retreat

Sensing-Only avec un gradient

Pourcentage de noeuds actifs et Sensing-Only en fonction de la densité initiale du réseau



Positive-Only



Positive-Retreat

Sensing-Only avec un gradient

Pourcentage de noeuds actifs et Sensing-Only en fonction de la densité initiale du réseau

Nombre total de noeuds	Noeuds en mode Sensing-Only
50	68% [$\pm 2,089$]
100	75,7% [$\pm 1,406$]
150	78,6% [$\pm 1,354$]
200	80,2% [$\pm 0,861$]
240	81,4% [$\pm 0,520$]

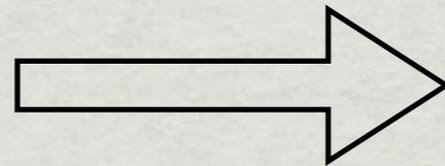
Plateforme homogène
(Strasbourg)

Nombre total de noeuds	Noeuds en mode Sensing-Only
50	67,2% [$\pm 2,378$]
100	77,4% [$\pm 2,147$]
150	79,4% [$\pm 1,534$]
200	79,5% [$\pm 1,837$]
240	78,5% [$\pm 1,133$]

Plateforme hétérogène
(Grenoble)

Conclusion

Application
Ensemble couvrant
connecté



- Actif
- Sensing-Only
- Passif

✓ LMST
✓ Gradient
✓ ...

Autres contributions :

- ✓ Application à la k -couverture
- ✓ Solutions k -localisées
- ✓ Tolérance aux fautes

J. Beaudaux, A. Gallais et T. Razafindralambo

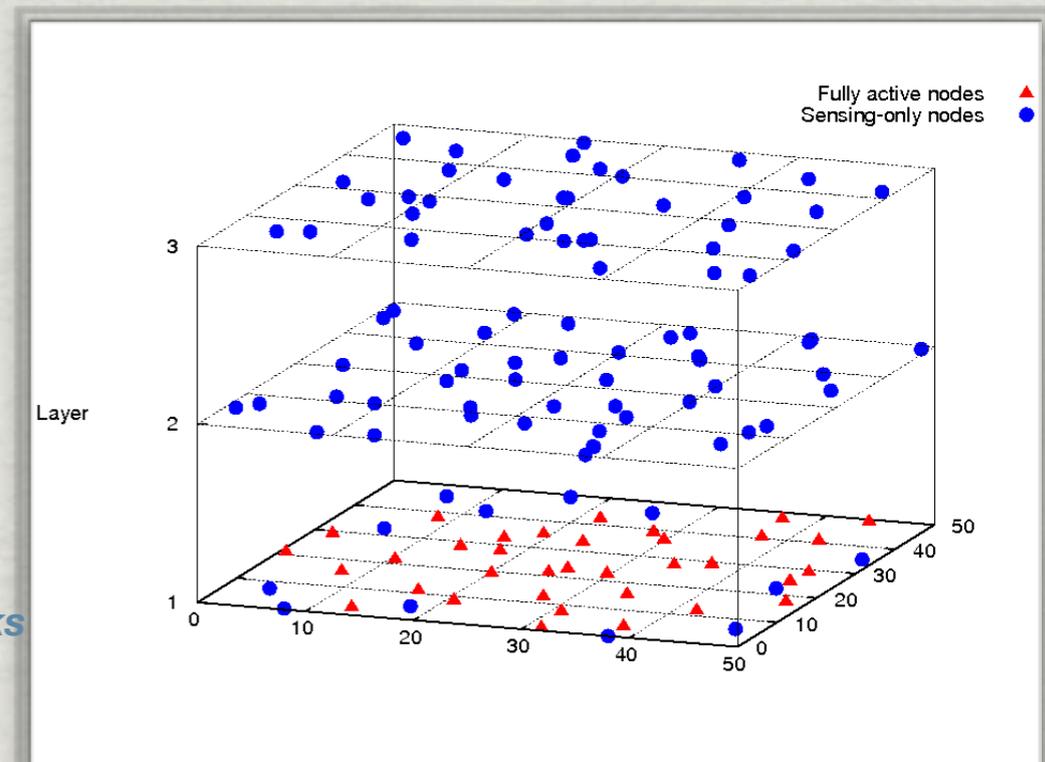
Multiple Coverage with Controlled Connectivity in Wireless Sensor Networks

ACM International Symposium on Performance Evaluation of Wireless Ad Hoc, Sensor, and Ubiquitous Networks (PE-WASUN), Octobre 2010

J. Beaudaux, A. Gallais, J. Montavont et T. Noël

LIFT : Layer Independent Fault Tolerance Mechanism for Wireless Sensor Networks

IEEE Vehicular Technology Conference (VTC), Mai 2011





Merci pour votre attention

Projets connexes

✓ Suivi en maison de retraite par réseau de capteurs :
AlarmNet

A. Wood, J. Stankovic, G. Virone, L. Selavo, Z. He, Q. Cao, T. Doan, Y. Wu, L. Fang et R. Stoleru, “**Context-Aware Wireless Sensor Networks for Assisted-Living and Residential Monitoring**”, *IEEE Network*, Juillet-Août 2008

✓ Suivi de patients en milieu hospitalier par réseau de capteurs : **MEDiSN, SMART, MOSAR**

J. Ko, J.H. Lim, Y. Chen, R. Musvaloiu-E, A. Terzis, G.M. Masson, T. Gao, W. Destler, L. Selavo et R.P. Dutton, “**MEDiSN: Medical Emergency Detection in Sensor Networks**”, *ACM Transactions on Embedded Computing Systems (TECS)*, Août 2010

D. Curtis, E. Pino, J. Bailey, E. Shih, J. Waterman, S. Vinterbo, T. Stair, J. Guttag, R. Greenes et L. Ohno-Machado, “**SMART—An Integrated Wireless System for Monitoring Unattended Patients**”, *Journal of the American Medical Informatics Association*, 2008

O. Chipara, C. Lu, T. Bailey et G.C. Roman, “**Reliable Clinical Monitoring using Wireless Sensor Networks: Experiences in a Step-down Hospital Unit**”, *ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys)*, Novembre 2010

A. Friggeri, G. Chelius, E. Fleury, A. Fraboulet, F. Mentré, J.C. Lucet, “**Reconstructing Social Interactions Using an unreliable Wireless Sensor Network**”, *Computer Communications*, juin 2010

État de l'art

✓ Couverture de surface dans les réseaux de capteurs

T. Yan, T. He, and J. A. Stankovic, “**Differentiated surveillance service for sensor networks**”, *ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys)*, 2003.

J. Lu and T. Suda, “**Differentiated surveillance for static and random mobile sensor networks**”, *IEEE Transactions on Wireless Communications (TWC)*, vol. 7, no. 11, pp. 4411–4423, 2008.

J. Sheu, C. Yu, and S. Tu, “**A distributed protocol for query execution in sensor networks**”, *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, 2005.

B. Yener, M. Magdon-Ismaïl, and F. Sivrikaya, “**Joint problem of power optimal connectivity and coverage in wireless sensor networks**”, *ACM Wireless Networks (WINET)*, vol. 13, no. 4, pp. 537–550, 2007.

H. Gupta, Z. Zhou, S. Das, and Q. Gu, “**Connected sensor cover: self-organization of sensor networks for efficient query execution**”, *IEEE/ACM Transactions on Networking (ToN)*, vol. 14, no. 1, pp. 55–67, 2006.

Perspectives

Perspectives :

- ✓ Comparer les solutions proposées par rapport ou en conjonction avec des couches MAC efficaces en énergie (e.g. X-MAC)
- ✓ Implantation sur la plateforme Senslab
- ✓ Traduction des états d'activité en configurations MAC
 - ✓ Optimisation du Low Power Listening



Impact de la k -connaissance

Dans l'idée :

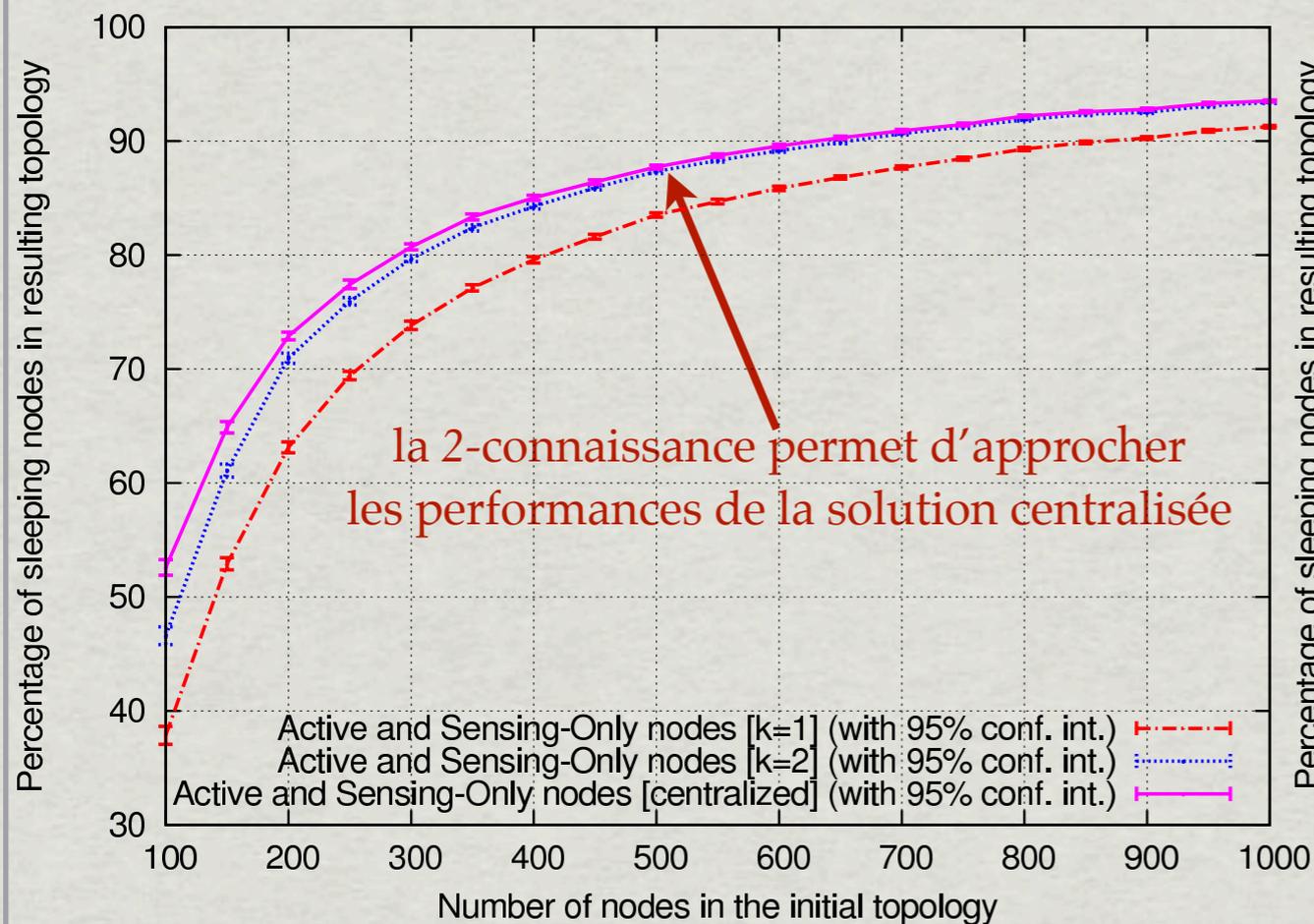
- ✓ les voisins à k -sauts peuvent apporter des informations
- ✓ ces informations améliorent la prise de décision pour PO et PR

En pratique :

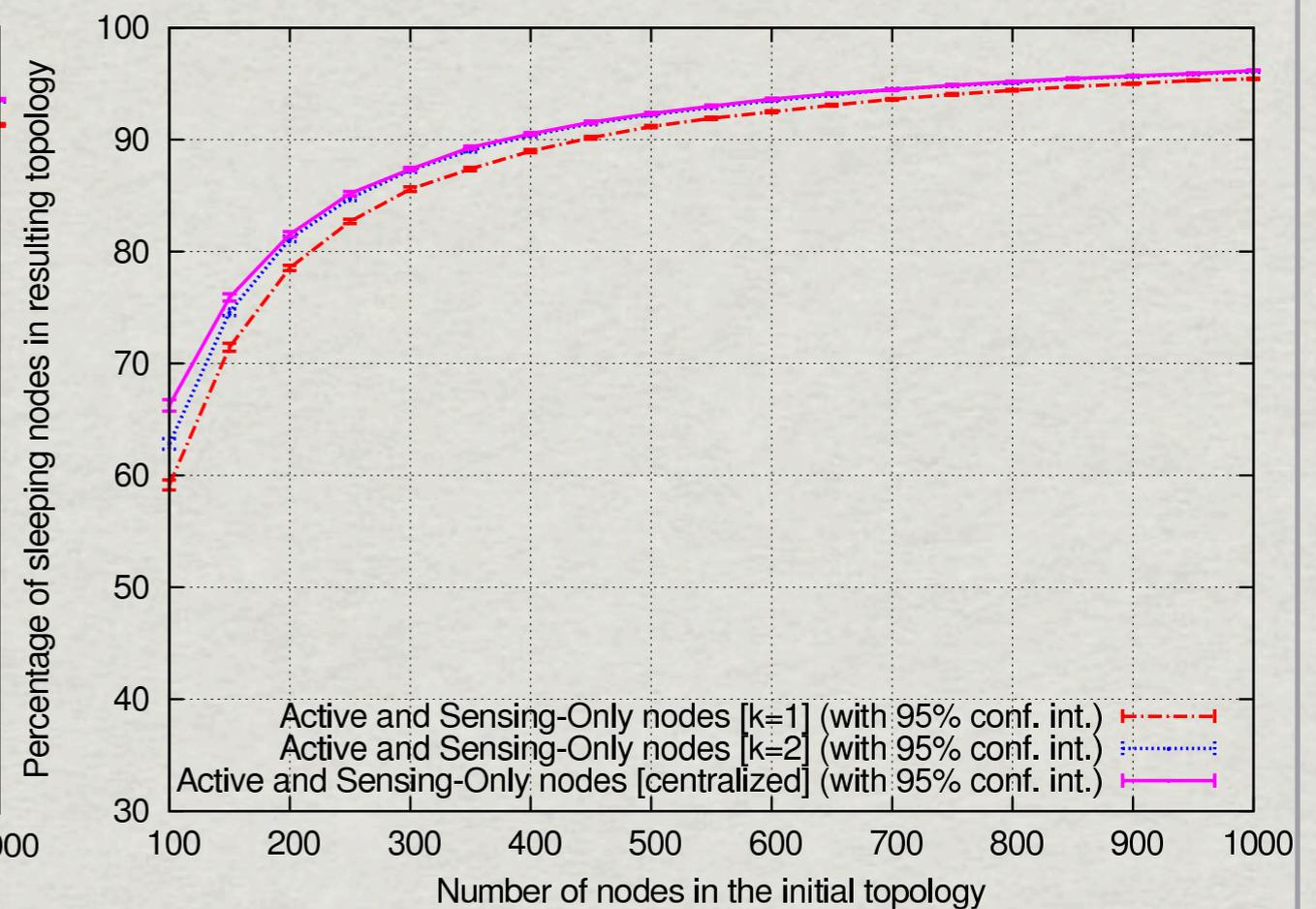
- ✓ une connaissance à deux sauts est suffisante
- ✓ récupération de la connaissance par diffusion probabiliste

Résultats de la k -connaissance

Pourcentage de noeuds passifs en fonction de la densité initiale



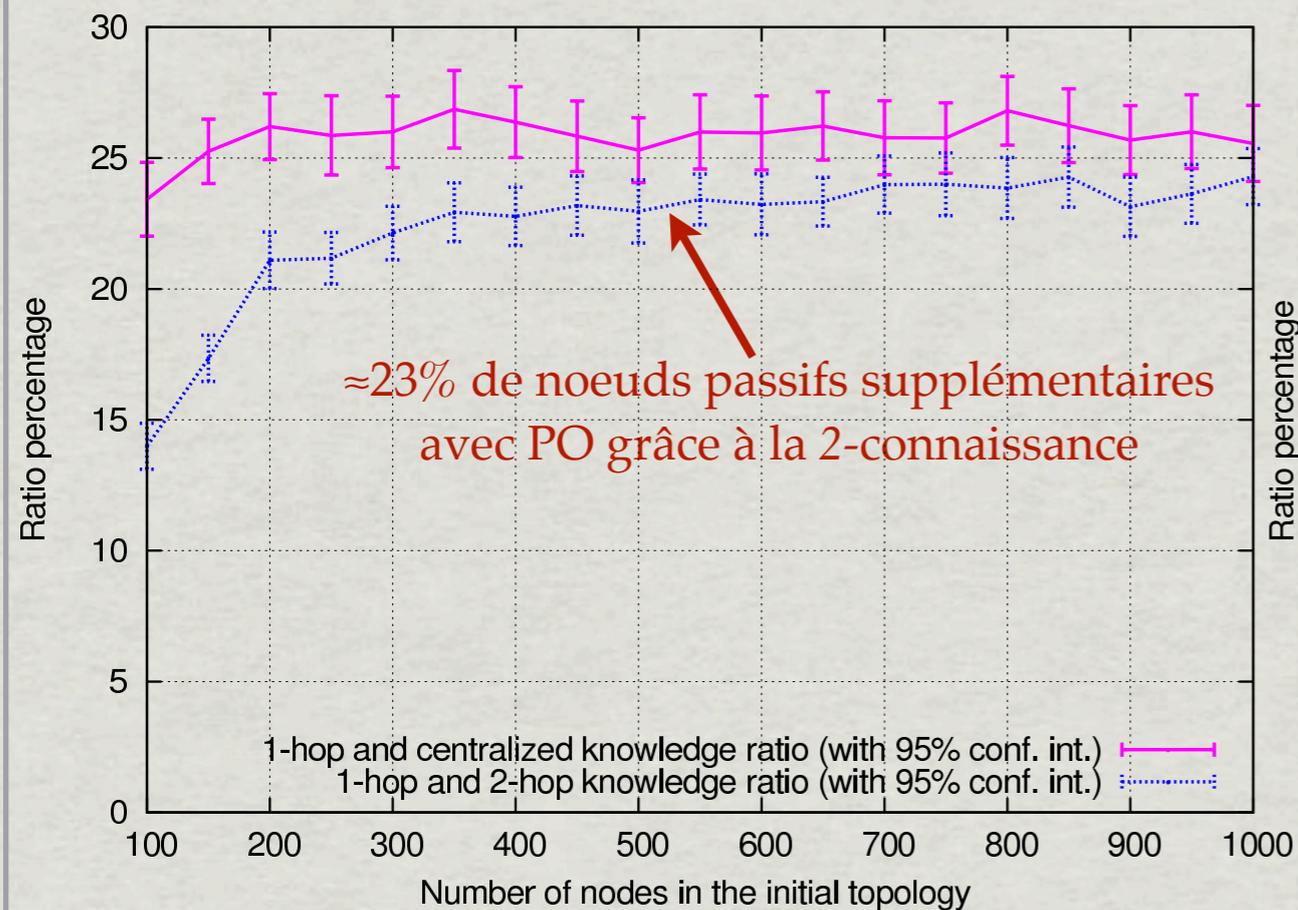
Positive-Only



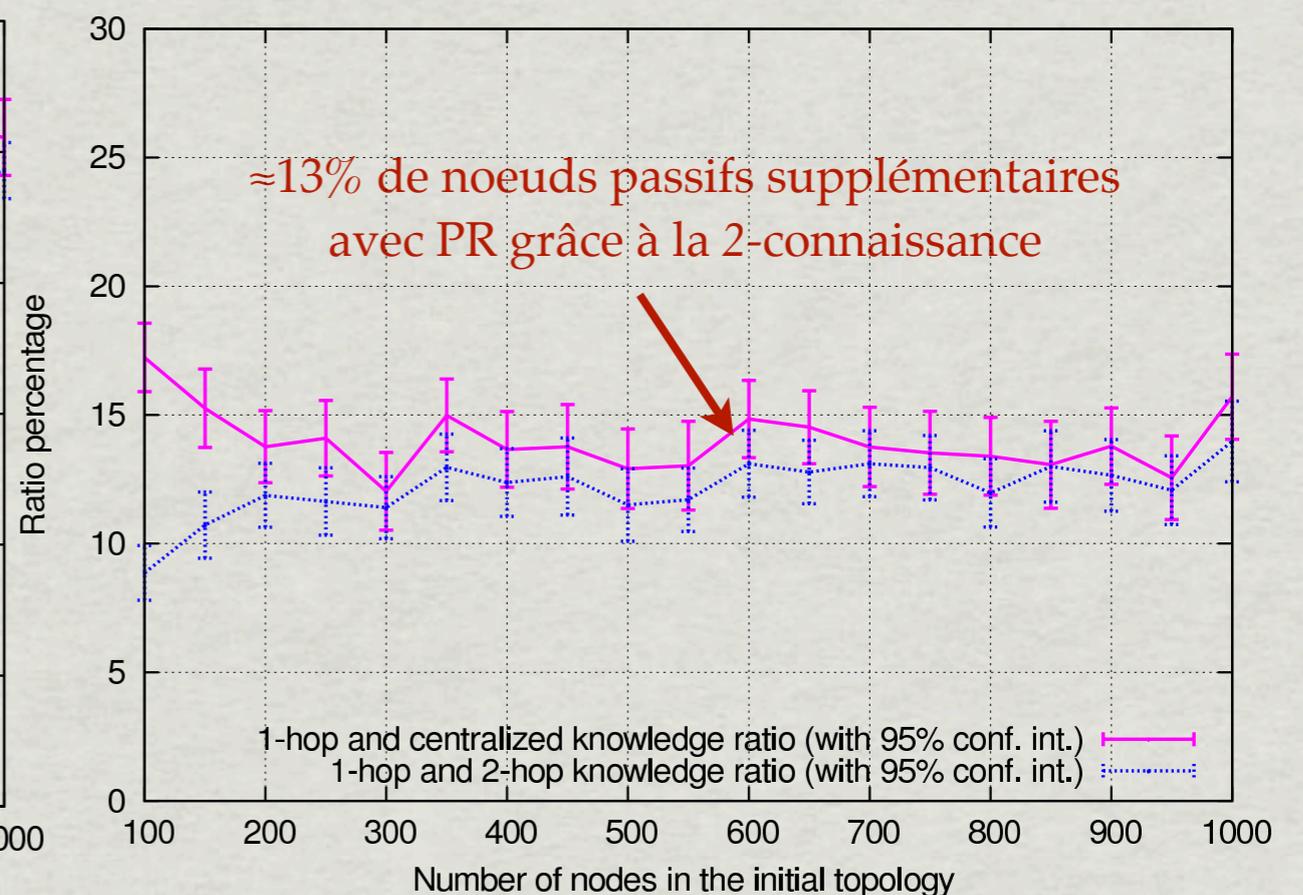
Positive-Retreat

Résultats de la k -connaissance

Pourcentage de noeuds passifs supplémentaires avec la 2-connaissance ou la connaissance totale



Positive-Only



Positive-Retreat

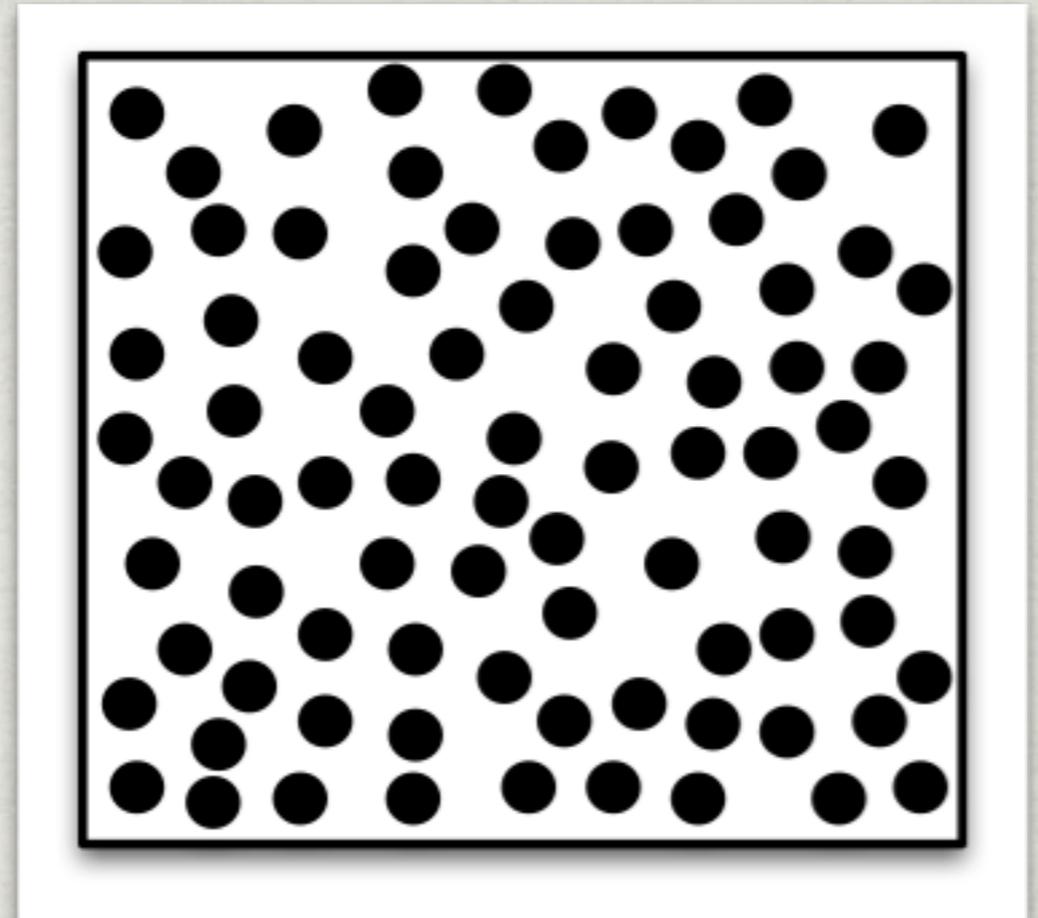
Fiabiliser par redondance

Objectifs :

- ✓ répondre aux deux contraintes précédentes

Solution :

- ✓ apporter de la redondance pour limiter l'impact des pannes
- ✓ garantir une k -couverture en utilisant des couches virtuelles



Julien Beaudaux, Antoine Gallais, Julien Montavont et Thomas Noël

LIFT : Layer Independant Fault Tolerance Mechanism for Wireless Sensor Networks

En cours de soumission à IEEE Vehicular Technology Conference (VTC)

Mai 2011, Budapest, Hongrie

Fiabiliser par redondance

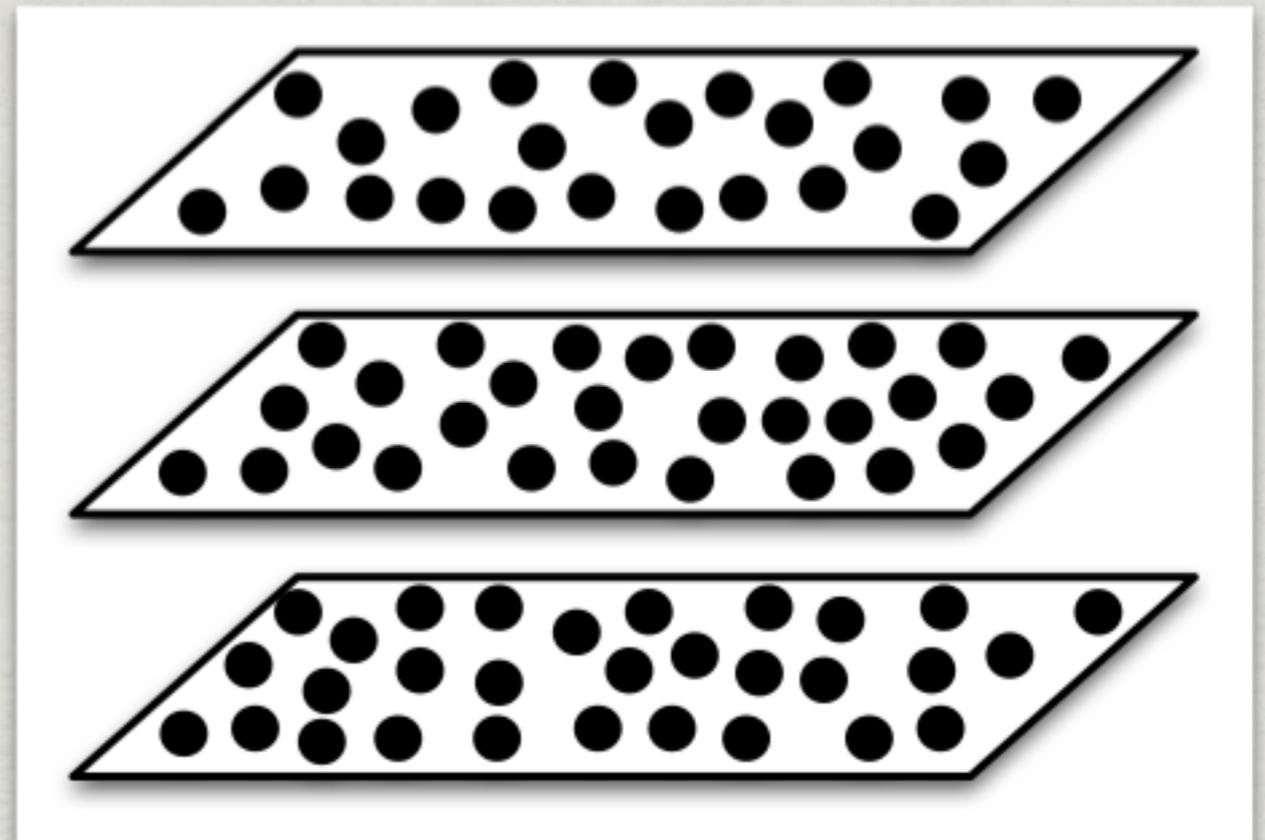
Objectifs :

✓ répondre aux deux contraintes précédentes

Solution :

✓ apporter de la redondance pour limiter l'impact des pannes

✓ garantir une k -couverture en utilisant des couches virtuelles



Julien Beaudaux, Antoine Gallais, Julien Montavont et Thomas Noël

LIFT : Layer Independant Fault Tolerance Mechanism for Wireless Sensor Networks

En cours de soumission à IEEE Vehicular Technology Conference (VTC)

Mai 2011, Budapest, Hongrie

Fiabiliser par redondance

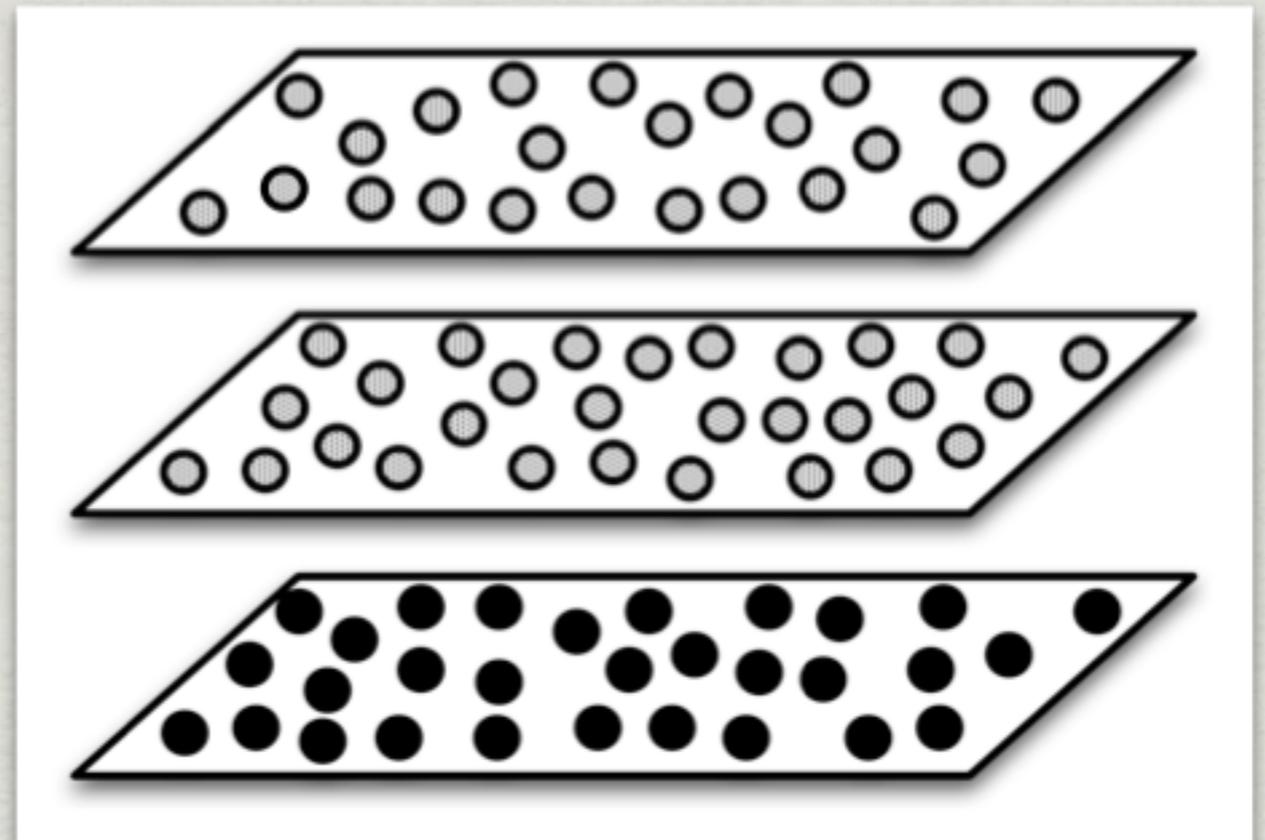
Objectifs :

✓ répondre aux deux contraintes précédentes

Solution :

✓ apporter de la redondance pour limiter l'impact des pannes

✓ garantir une k -couverture en utilisant des couches virtuelles



Julien Beaudaux, Antoine Gallais, Julien Montavont et Thomas Noël

LIFT : Layer Independant Fault Tolerance Mechanism for Wireless Sensor Networks

En cours de soumission à IEEE Vehicular Technology Conference (VTC)

Mai 2011, Budapest, Hongrie

Fiabiliser par redondance

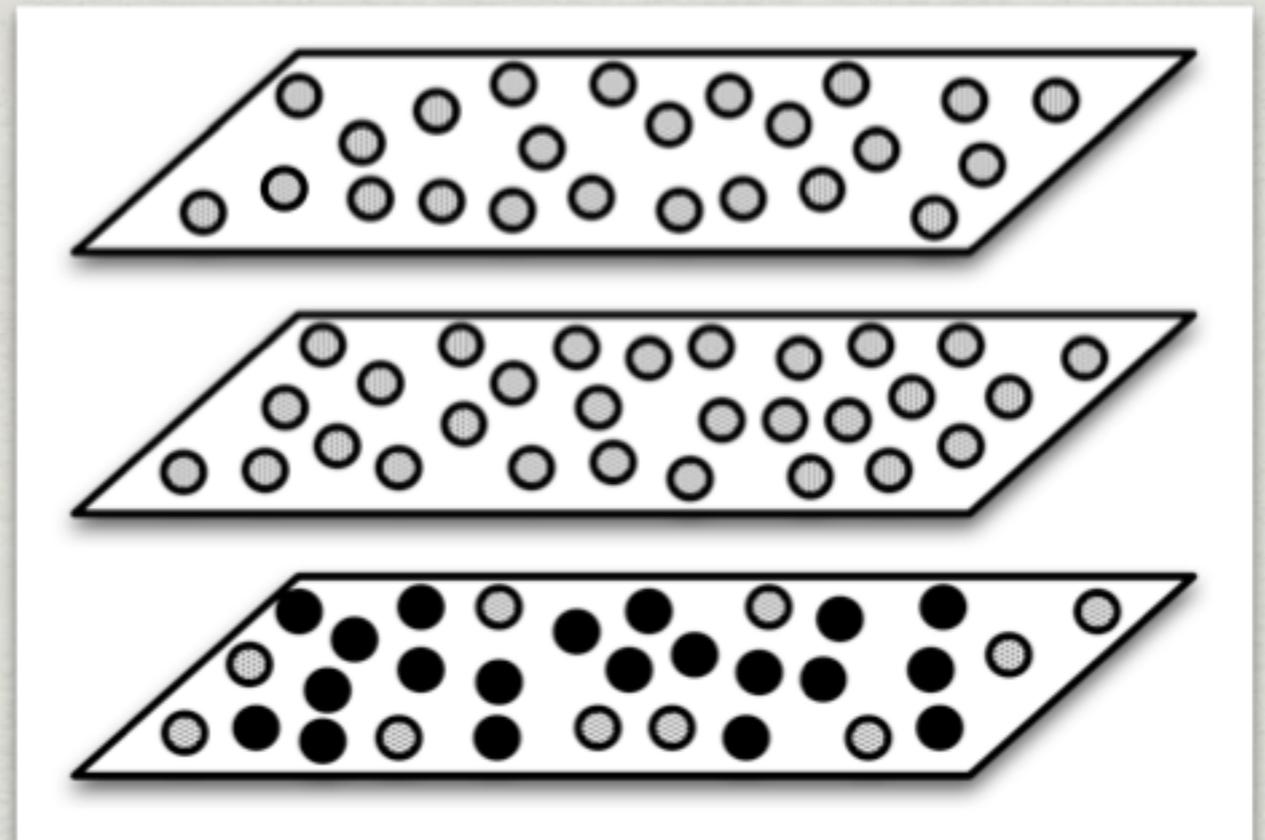
Objectifs :

✓ répondre aux deux contraintes précédentes

Solution :

✓ apporter de la redondance pour limiter l'impact des pannes

✓ garantir une k -couverture en utilisant des couches virtuelles



Julien Beaudaux, Antoine Gallais, Julien Montavont et Thomas Noël

LIFT : Layer Independant Fault Tolerance Mechanism for Wireless Sensor Networks

En cours de soumission à IEEE Vehicular Technology Conference (VTC)

Mai 2011, Budapest, Hongrie

Fiabiliser par redondance

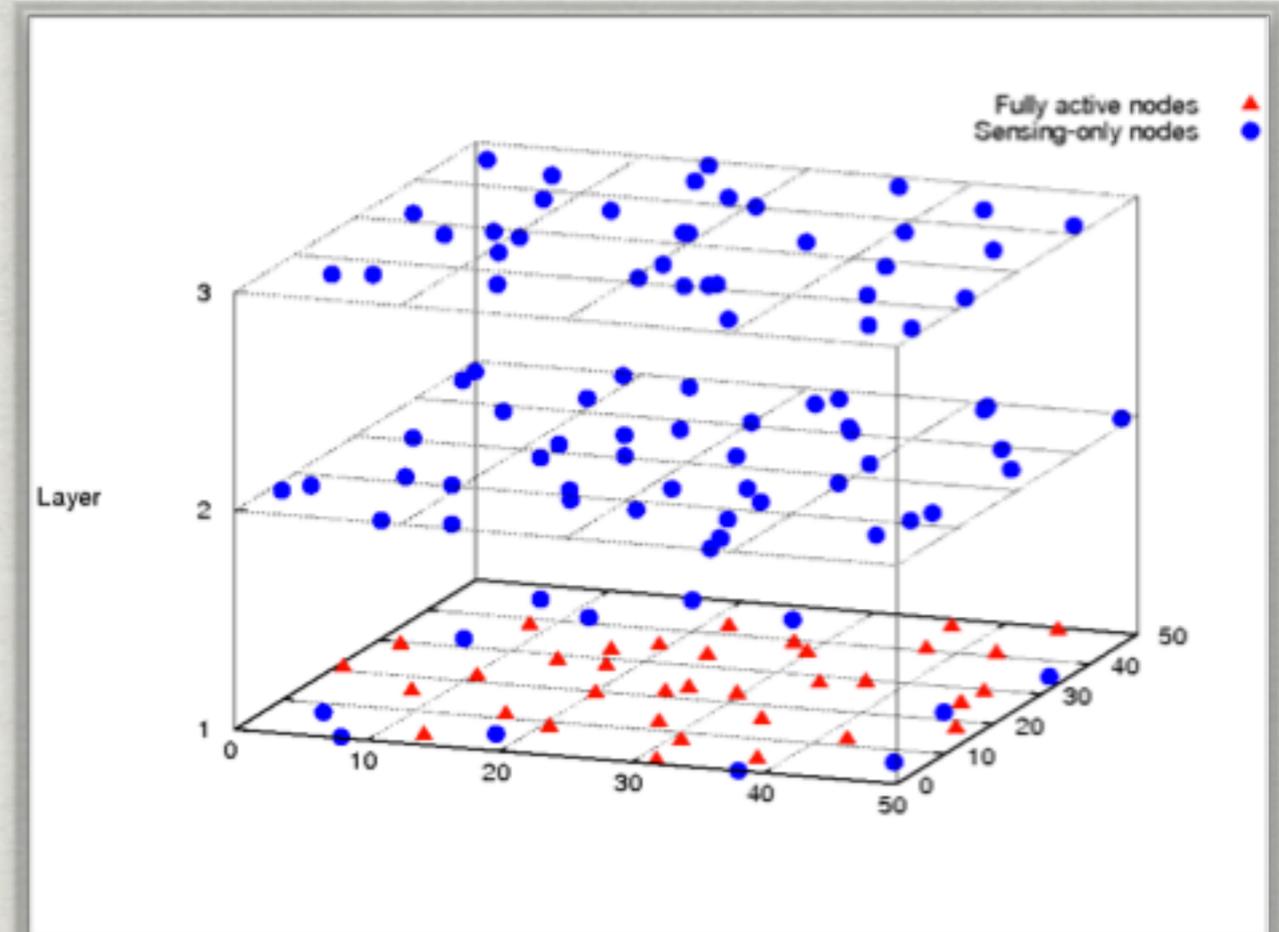
Objectifs :

✓ répondre aux deux contraintes précédentes

Solution :

✓ apporter de la redondance pour limiter l'impact des pannes

✓ garantir une k-couverture en utilisant des couches virtuelles



Julien Beaudaux, Antoine Gallais, Julien Montavont et Thomas Noël

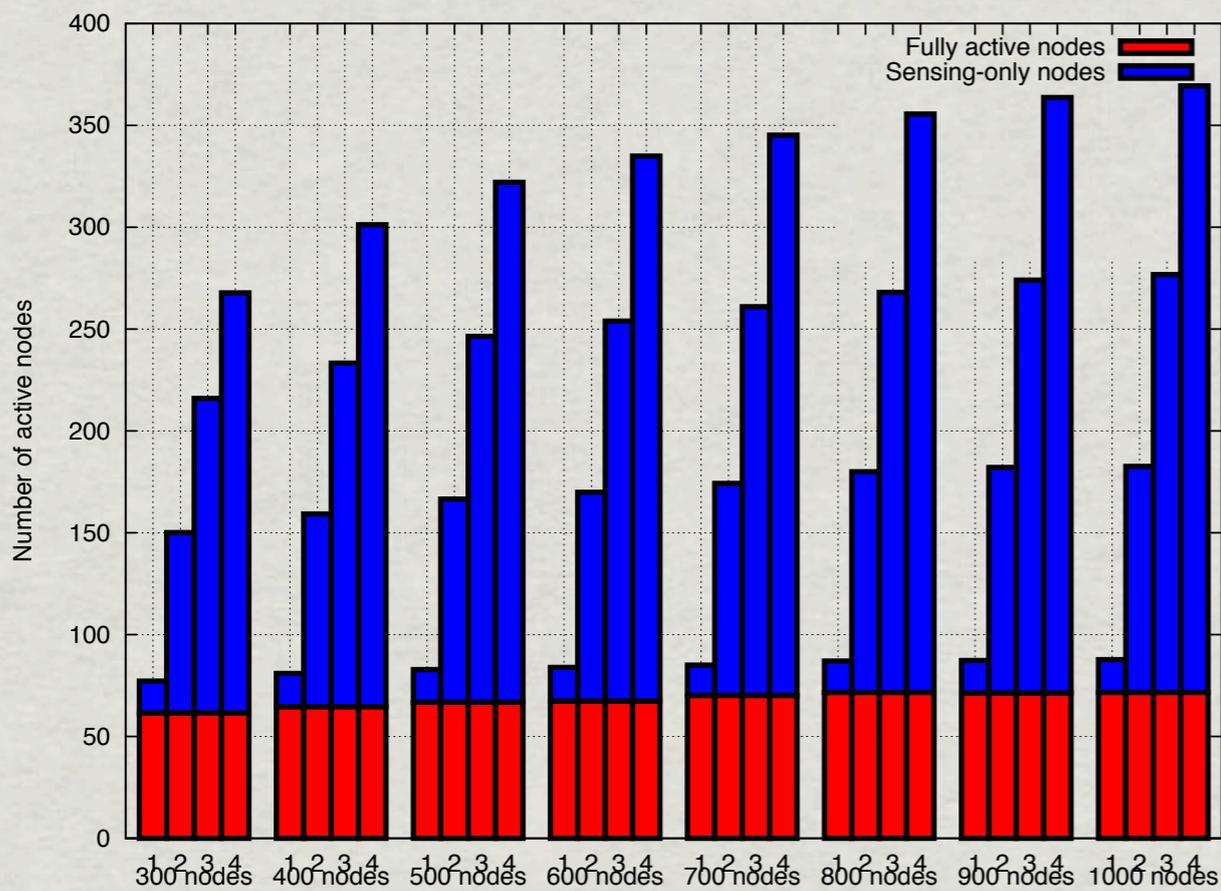
LIFT : Layer Independant Fault Tolerance Mechanism for Wireless Sensor Networks

En cours de soumission à IEEE Vehicular Technology Conference (VTC)

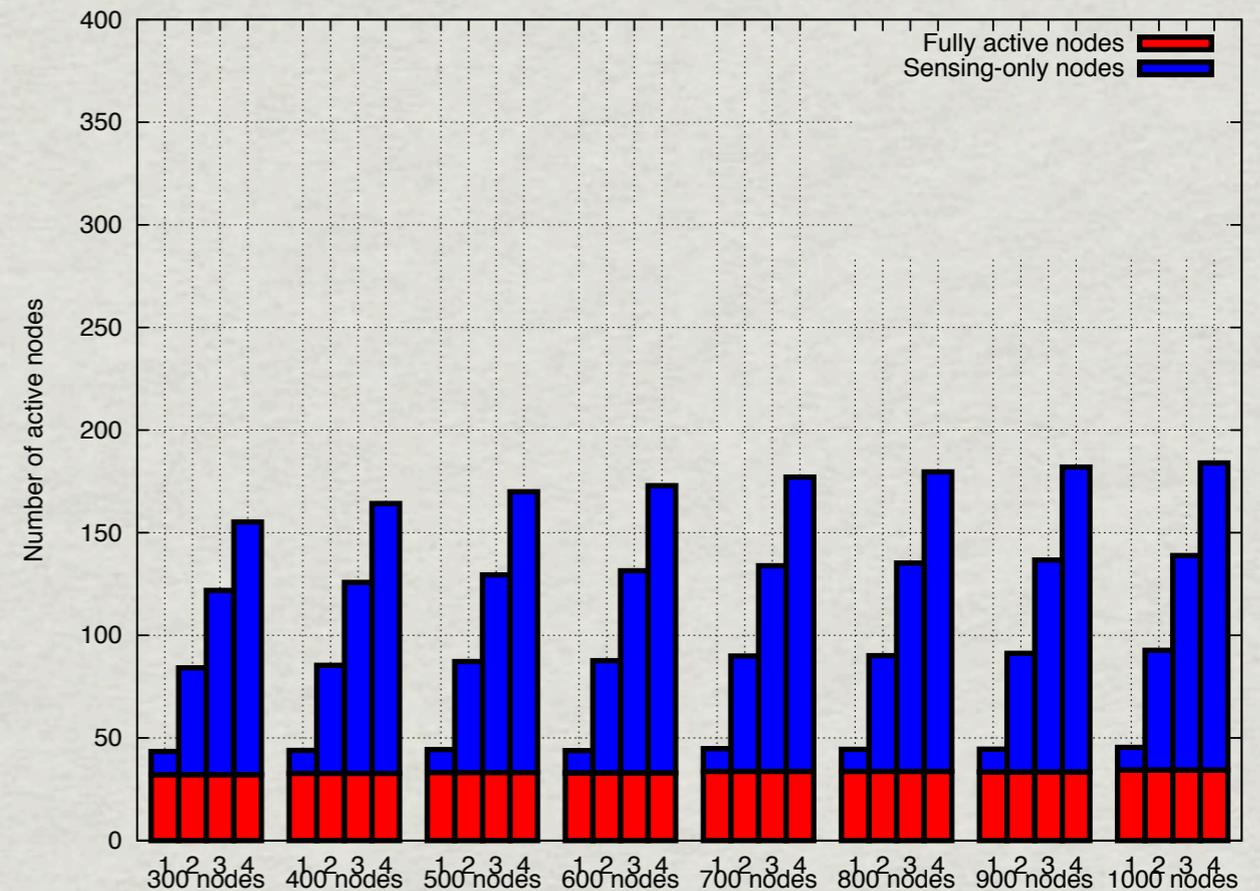
Mai 2011, Budapest, Hongrie

Fiabiliser par redondance

Nombre de nœuds entièrement actifs et Sensing-Only dans le réseau



Positive-Only



Positive-Retreat

Utilisation des nœuds passifs

Objectif :

✓ utiliser les nœuds passifs pour améliorer la tolérance aux pannes : LIFT

Solution :

- ✓ utiliser les nœuds passifs comme capacité de stockage supplémentaire
- ✓ en cas de panne, un nœud stocke ses données/messages
- ✓ une fois rempli, il contacte ses voisins passifs pour les leur transmettre
- ✓ le nœud actif initial simule une panne et l'opération se répète récursivement

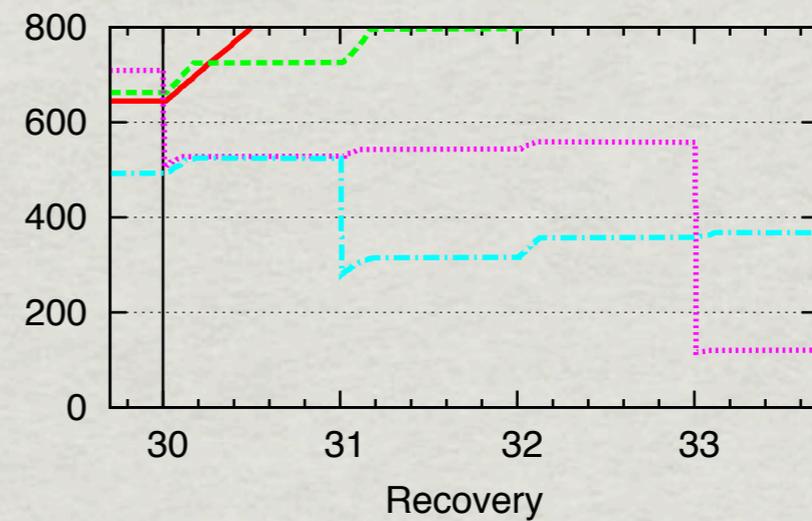
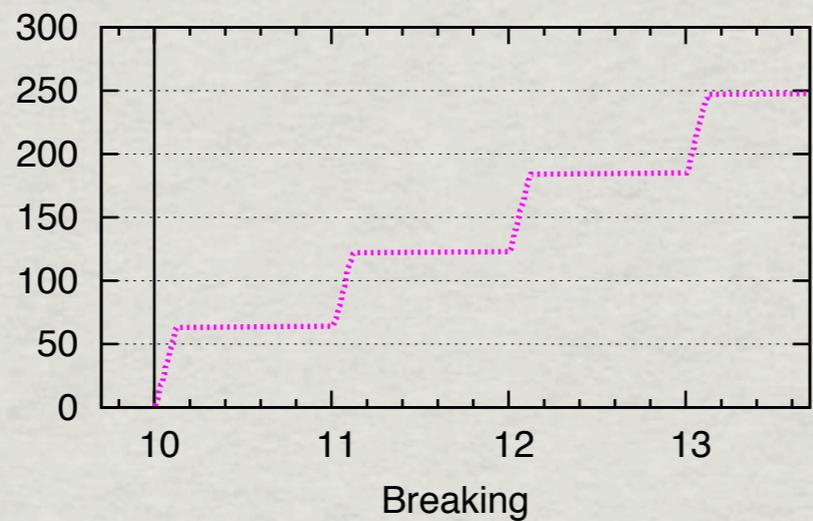
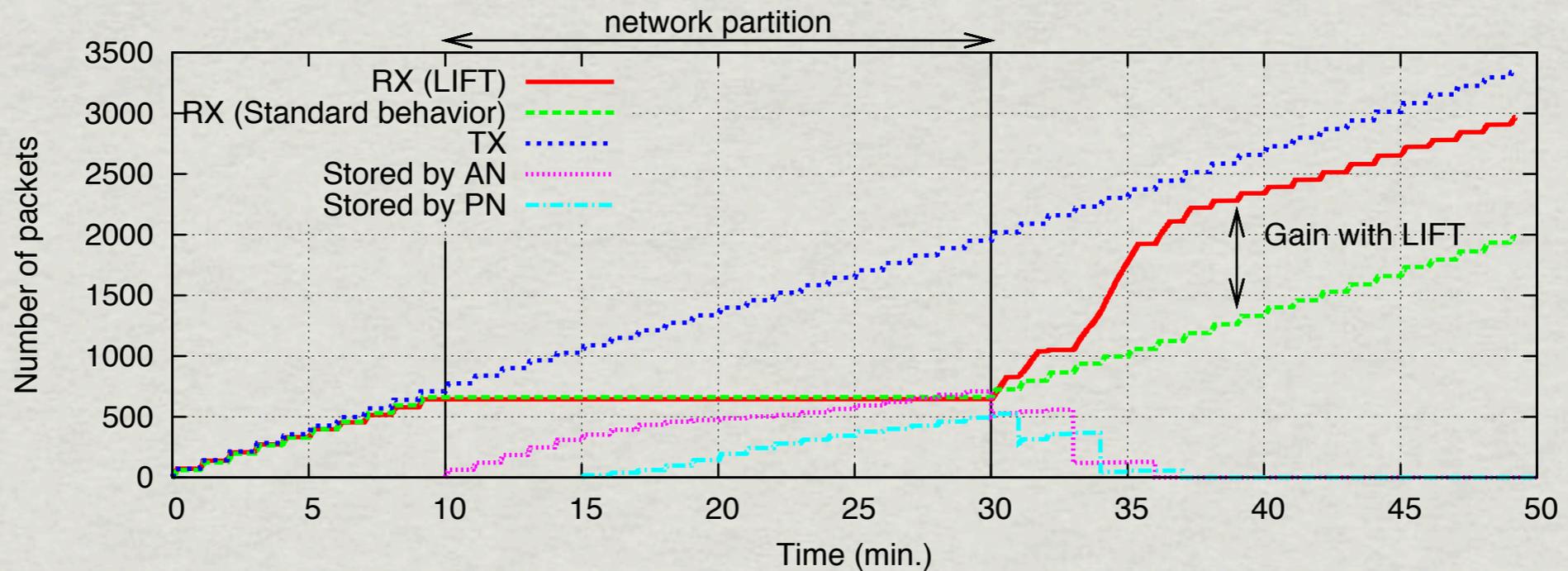
Julien Beaudaux, Antoine Gallais, Julien Montavont et Thomas Noël

LIFT : Layer Independant Fault Tolerance Mechanism for Wireless Sensor Networks

En cours de soumission à IEEE Vehicular Technology Conference (VTC)

Mai 2011, Budapest, Hongrie

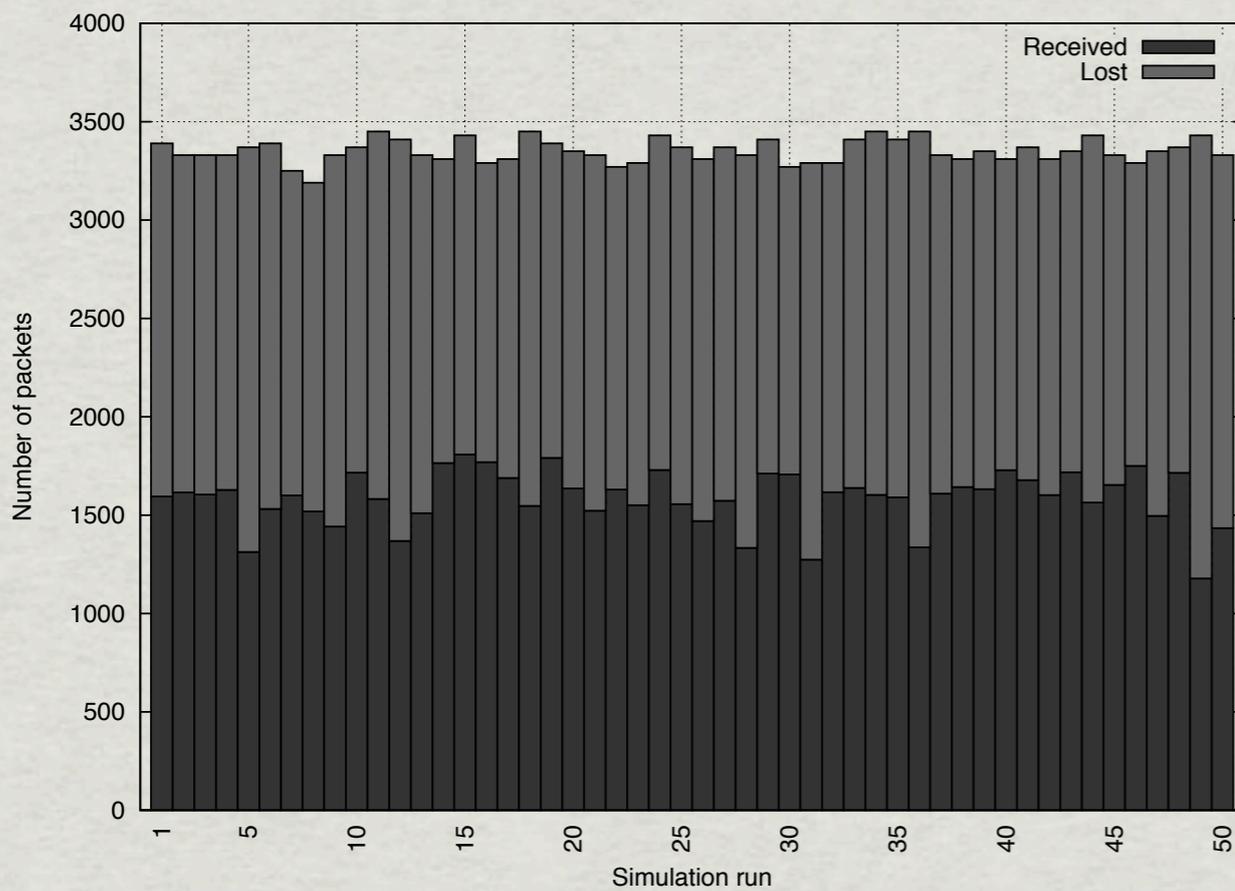
LIFT



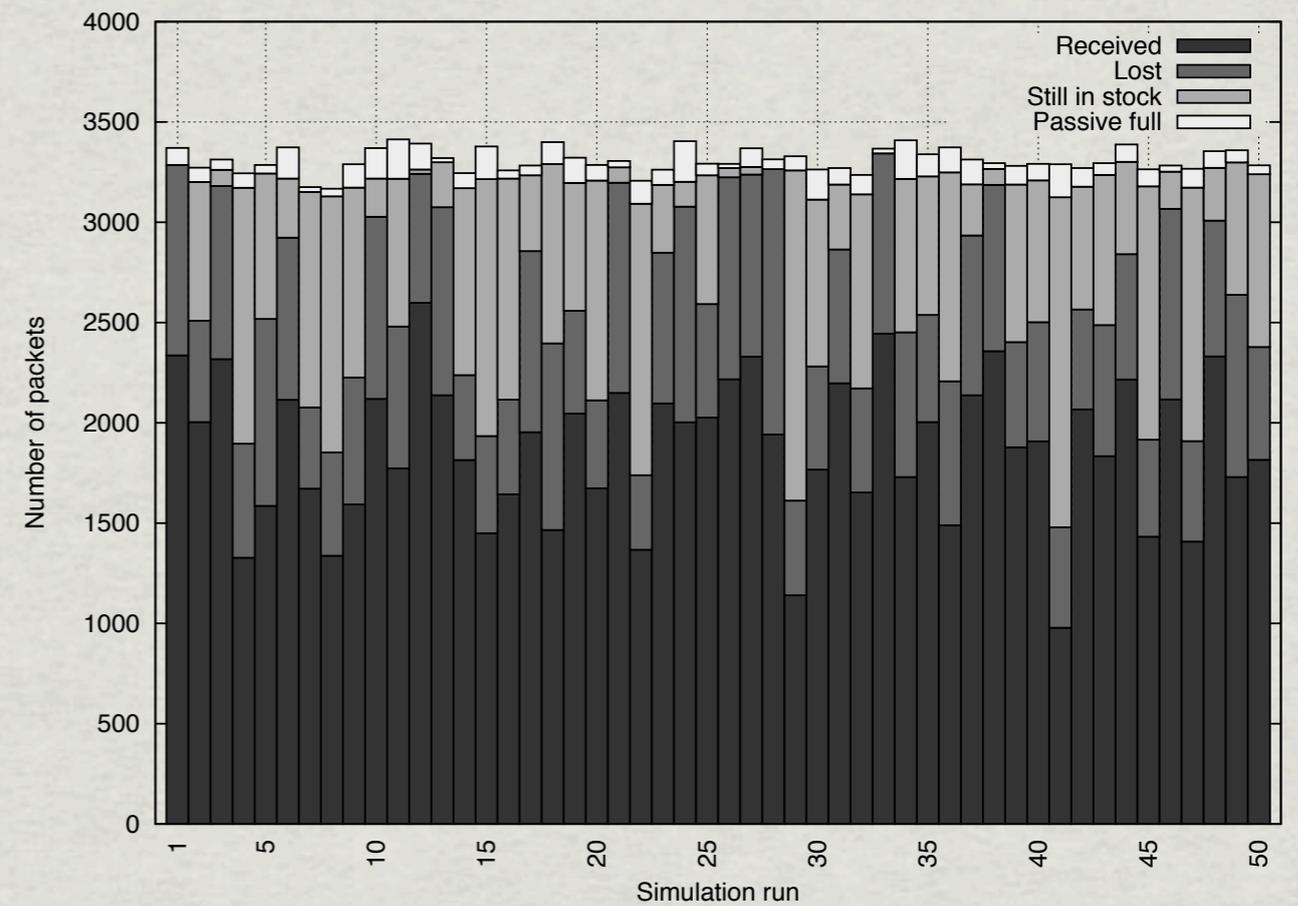
Déroulement des simulations

LIFT

Paquets perdus par simulation



Sans LIFT



Avec LIFT