

Simulation des réseaux de capteurs sans fil de grande taille

Cheick-Tidjane KONE

Directeurs: Francis LEPAGE

Co-encadrant : Michael DAVID

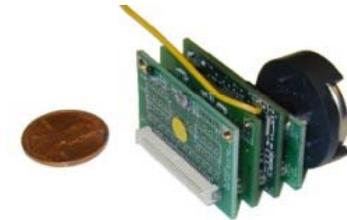
Journée thématique RGE

Jeudi 3 juin 2010



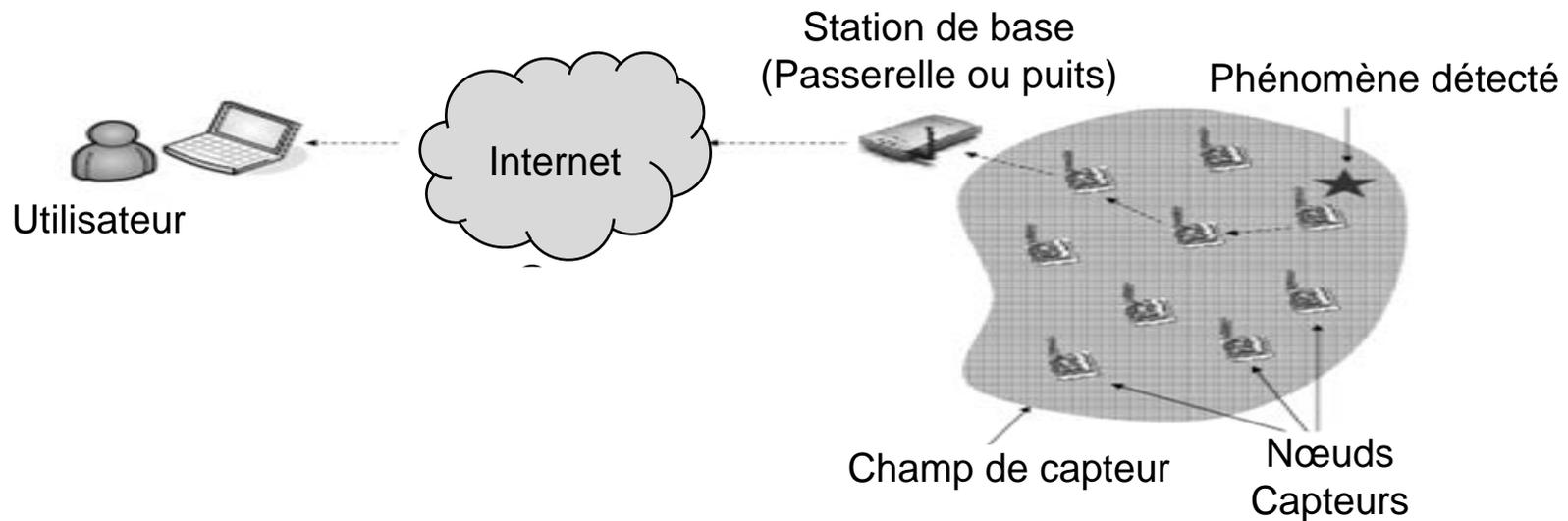
Nancy-Université

Qu'est-ce qu'un réseau de capteurs sans fils ?



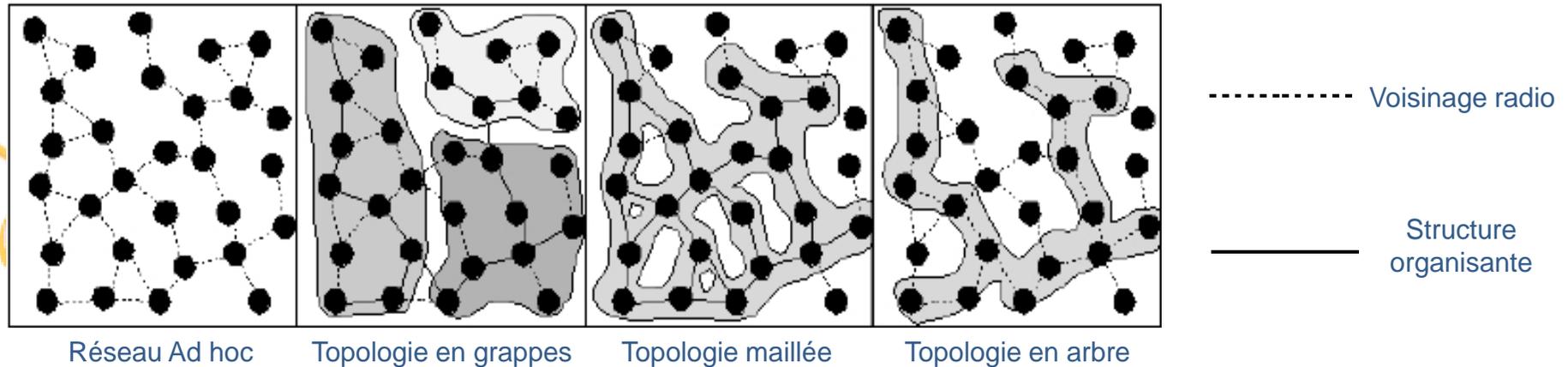
Capteur MICA, Berkeley

5 cm, 70 g, 10 \$



Domaines d'application : surveillance, suivi d'objets, médical, intelligence ambiante, ...

Objectifs



- **Auto-organisation** : à partir d'interactions locales, faire émerger un comportement global (structurant) qui se maintient sur une certaine durée
 - ✓ Organiser le réseau pour améliorer la couche réseau (routage des paquets)
 - ✓ Evaluer les performances : montrer l'apport sur les critères de type délai, énergie consommée, facteur d'échelle, robustesse à la perte de nœud
 - ✓ En déduire l'efficacité de l'auto-organisation proposée : gains, coûts, limites

Problématique générale du RCSF

❑ Contraintes matérielles & applicatives

- Dynamicité du réseau (statique ou mobile)
- Déploiement du nœud (aléatoire ou prédéterminé)
- Modèle de livraison de données (périodique, événementiel, interrogation, hybride)
- Capacité limitée des nœuds
- **Facteur d'échelle, réseau de grande taille (~ million de nœuds)**
- **Critères de QoS (classiques + durée de vie du réseau)**

❑ Propriétés:

- Robustesse
- **Passage à l'échelle**
- Persistance temporelle
- Flexibilité, etc.

❑ Concepts : Auto-*

- Découverte
- Configuration
- Organisation, adaptabilité



Contraintes :

Méthodologie

Contrôle de topologie
Et / Ou
Topologie virtuelle

Optimisation :

- Couche réseau (Qos)
- consommation d'énergie
- Durée de vie

Services réseaux

- Localisation
- Synchronisation
- Couverture
- Compression et agrégation
- Sécurité

- ❑ Protocoles d'auto-organisation existants limités:
 - ✓ RCSF avec 1 puits et 1 canal
 - ✓ RCSF de petite ou moyenne tailles (généralement ≤ 1000 nœuds)
 - ✓ Non extensible (coûteux en termes d'échange de message, de bande passante)
 - ✓ Aucune étude de performance sur l'exploitation du réseau

- ❑ RCSF avec N puits pour maximiser la couverture / durée de vie
 - ✓ RCSF de petite ou moyenne tailles (généralement ≤ 1000 nœuds)
 - ✓ Approche mono-canal
 - ✓ Approche centralisée et hors-ligne (programmation linéaire [Kim et al., 05], algorithme de partitionnement de graphe [Slama et al., 09])
 - ✓ Le positionnement des nœuds capteurs est supposé connu (GPS...) [Akkaya et al., 09] → très coûteux pour les grands RCSFs

Systeme étudié

- ❑ Etude sur un RCSF de grande taille (voire des centaines de milliers de nœuds)

Scénario : surveillance d'une zone après accident (type explosion usine, 1 km x 1 km)

- ❑ Réseau hétérogène à 2 niveaux (améliorer QoS)
 - ✓ Niveau 1 constitué de nœuds **capteurs**
 - ✓ Niveau 2 constitué de nœuds **puits**
- ❑ Algorithme d'auto-organisation **multi-puits** et **multi-canal** adapté aux grand réseaux
 - ✓ Réseau de niveau 1 partitionné en plusieurs sous-réseaux équilibrés (en nombre de sauts) avec 1 puits par sous-réseau
 - ✓ Allocation distribuée d'un canal par sous-réseau avec réutilisation des fréquences
- ❑ Proposition d'une **nouvelle couche réseau**

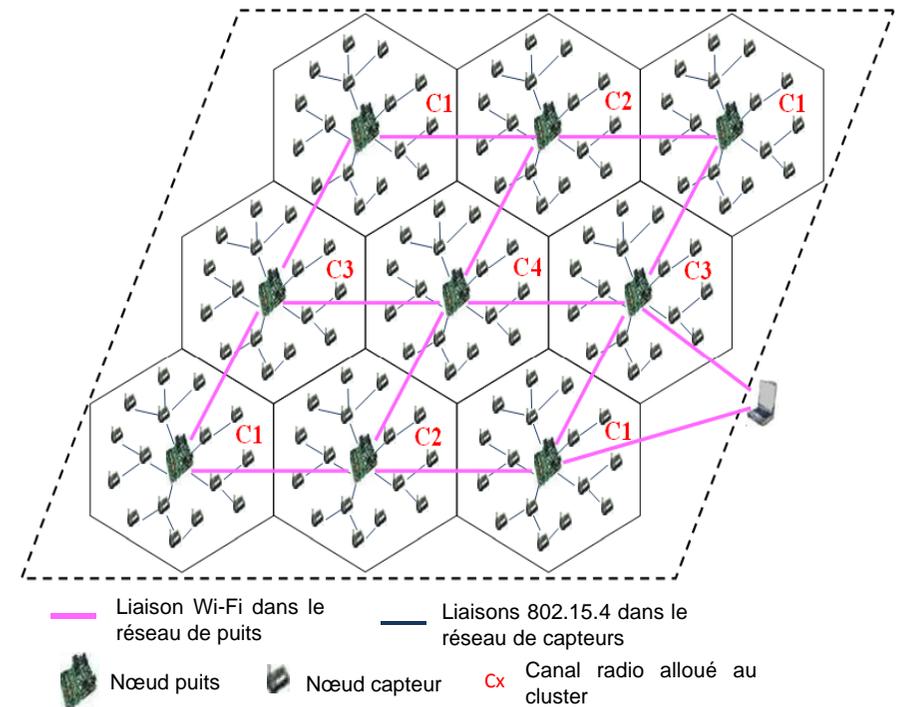
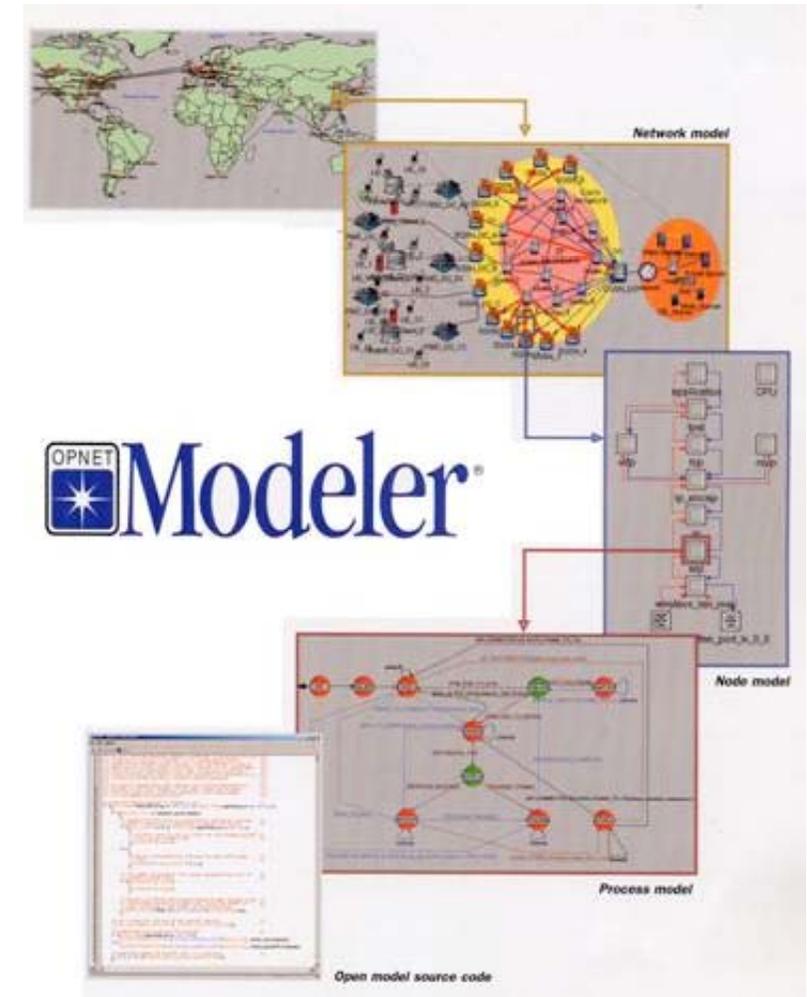


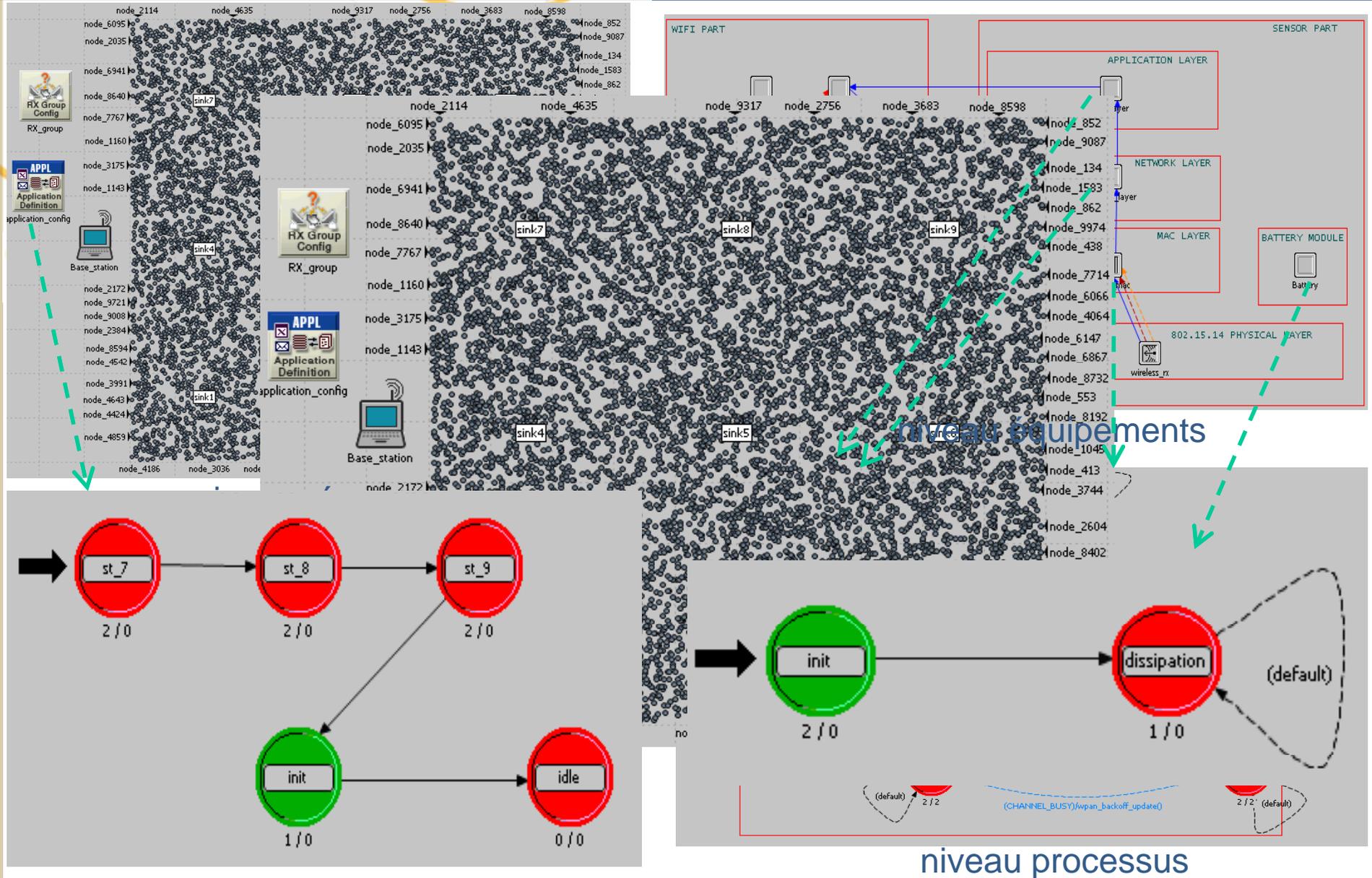
Fig. Topologie proposée dans un RCSF exploitant plusieurs puits et canaux.

Outils et matériels utilisés

- ❑ Outils : **OPNET Modeler** (Optimum Network Performance)
 - ✓ Simulateur à évènements discrets séquentiel et parallèle avec un noyau 32-bit ou 64-bit
 - ✓ GUI, utilisation relativement aisée, analyse et débogage intégrés et graphiques, totalement ouvert
 - ✓ Modélisation et simulation des réseaux de communication et de radiocommunication
 - ✓ Bibliothèque de modèles standards (normes, recommandations, spécifications...), de constructeurs (Cisco Systems, 3Com, Lucent...), de protocoles, de liens (SONET, PPP, FDDI, wireless...), équipements réseaux (routeur, stations de travaux, switch...) et des scénarios de démonstration de différents réseaux de standard (TCP/IP, ATM, Frame relay, ...)
 - ✓ Trois niveaux hiérarchiques imbriqués : niveau réseau, niveau équipements, niveau processus : représenté par un FSM (Finite State Machine), le comportement des états est codé en langage C
 - ✓ Plus de statistiques à plusieurs niveaux
 - ✓ Module SiTI (System in loop) : qui permet d'interfacer des réseaux réels et des réseaux simulés sous OpNet pour faire du Hardware



Proposition modélisée sous OPNET Modeler



Outils et matériels utilisés

- ❑ Matériels : DELL Precision Workstation T5500
 - ✓ 2 Intel® Xeon® CPU E5520 (2,26 GHz, 8MB L3, 5.86GT/s, 80W, QC)
 - ✓ 8 cœurs
 - ✓ 48 GB DDR3 1066MHz
 - ✓ 256 MB Nvidia Quadro NVS 295
 - ✓ RAID 1 pour 2 disques de 1TB (7200RPM) SATA 3.0Gb/s



Problèmes spécifiques de cette simulation

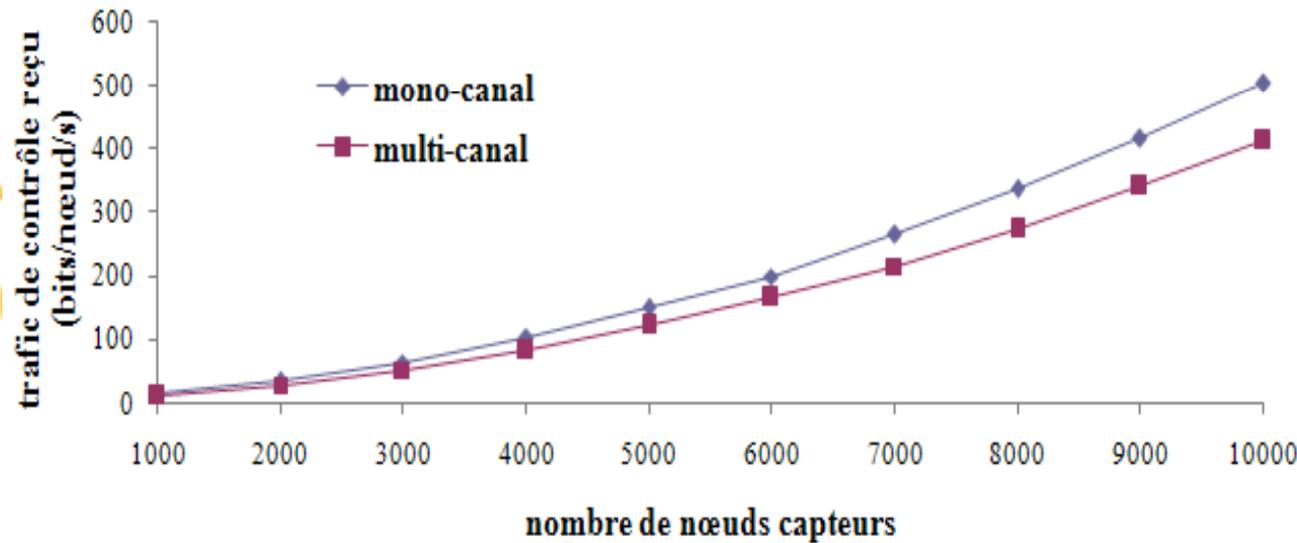
Problèmes (matériels, simulateur) à cause de la taille du système étudié :
par exemple RCSF (10000 nœuds, temps de simulation de 2 heures),

- ✓ ↗ nombre d'événements par seconde ↗ durée d'une simulation : plus d'une demi-journée pour une simulation d'un scénario de 10000 nœuds
- ✓ Validité des résultats d'un scénario → minimum de 30 tests ou simulations
- ✓ C'est un simulateur assez lourd mais fournit plus de statistiques à plusieurs niveaux
- ✓ Mémoire vive : environ 15 GB pour ce même scénario
- ✓ Stockage de données
- ✓ Violation de mémoire à cause du système de pointeurs incohérents (langage C)
- ✓ Définition de priorité des flux (entrants et sortants) et des processus concourants entre les modules ou couches d'un nœud → pertes de paquets
- ✓ Nouvelles statistiques dans un nouveau modèle de processus : pas facile

- ❑ OPNET Modeler 15.0.A PL1
- ❑ Réseau de niveau 1 : N [1000;10000] nœuds capteurs MicaZ
 - ✓ aléatoirement distribués sur 1000m x 1000m
 - ✓ couche MAC (CSMA/CA non slotté en mode non beacon)
 - ✓ radio réaliste : couche physique 802.15.4-2003 à 2,4Ghz avec un débit de 250kbit/s et une portée radio de 50m
 - ✓ Modèle de consommation énergétique : MICAz
- ❑ Réseau de niveau 2 : 9 puits et 1 utilisateur final
 - ✓ arbitrairement distribués sur 1000m x 1000m
 - ✓ implémente la pile protocolaire 802.11g-2003 : débit de 1Mbit/s en mode DCF, portée radio de 500m, protocole de routage MANET
- ❑ Mesures : trafic de contrôle reçu, énergie consommée, temps d'accès au médium, délai de bout en bout, taux de livraison
- ❑ Paramètres : Densité de nœuds, nœuds sources

- ❑ Paramètres de Simulation :
- ✓ Taille maximale du cluster en nombre de sauts : 5
- ✓ Messages Hellos périodiques dans un intervalle $[f_{HELLO} - 5, f_{HELLO} + 5]$ s avec $f_{HELLO} = 60$ s
- ✓ Flux applicatif: distribution exponentielle de moyenne 300s avec une charge constante de 5 octets
- ✓ Temps de traversée maximale des paquets dans la file d'attente de la couche MAC : 2s
- ✓ Temporisateur pour passer d'un état à un autre : 5s
- ✓ Temps de simulation : 7200s
- ✓ Durée de vie d'un nœud dans une table de voisinage : 180s
- ✓ Vérification de la table de voisinage toutes les 35s
- ✓ Intervalle de confiance : 95%

Résultats



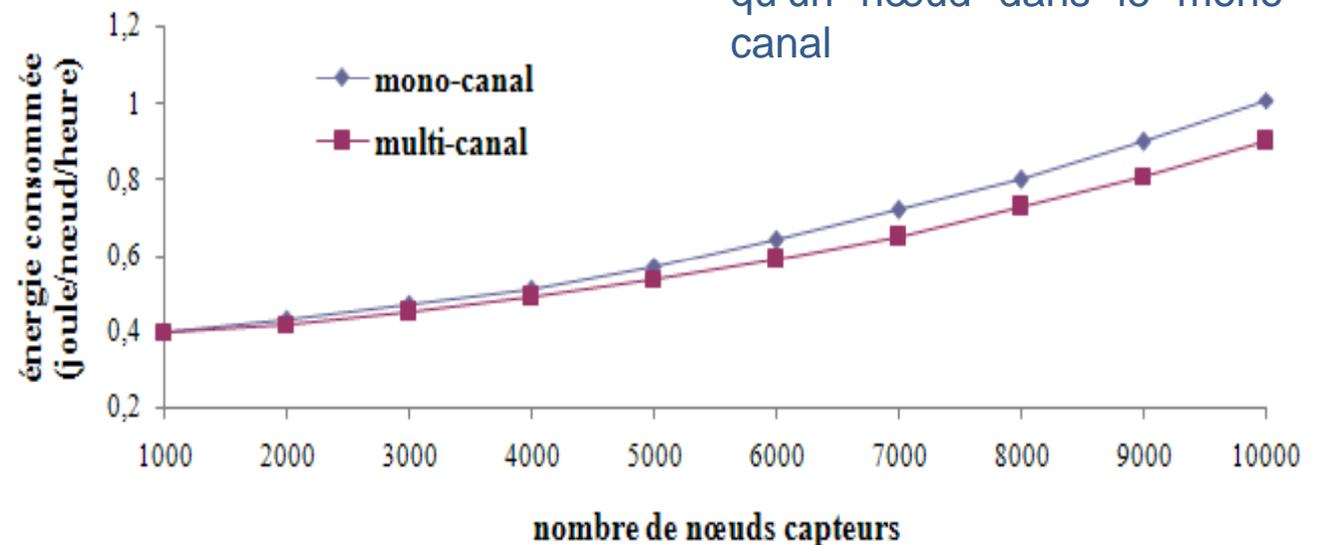
Throughput

Ecart : ~18%

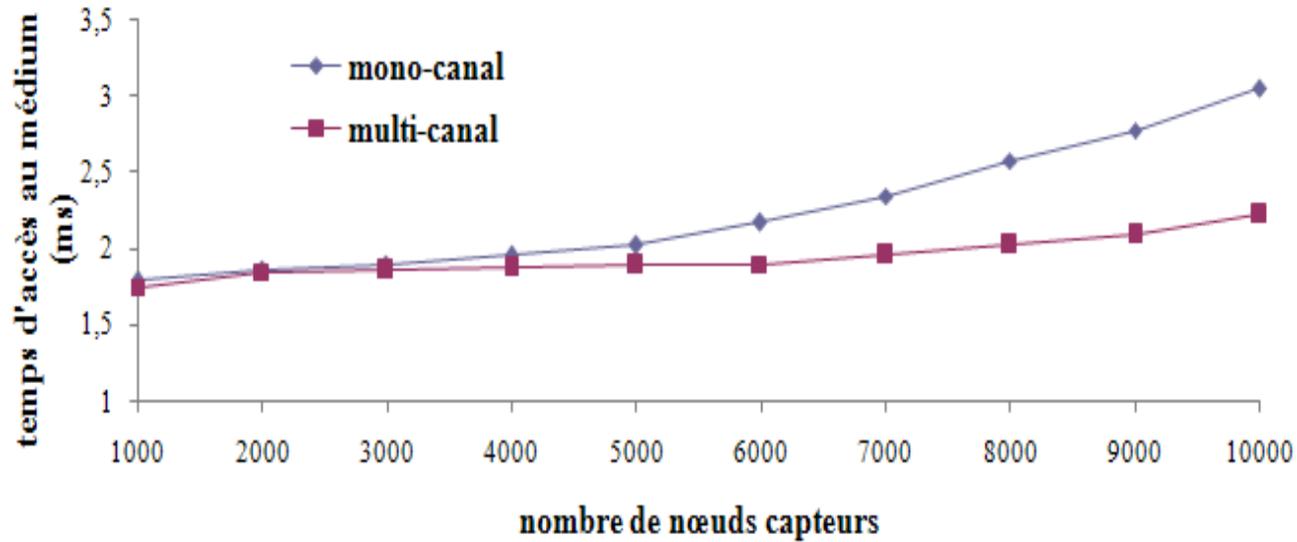
Dans le multi-canal, un nœud a ~12% de moins de voisins qu'un nœud dans le mono-canal

Energie

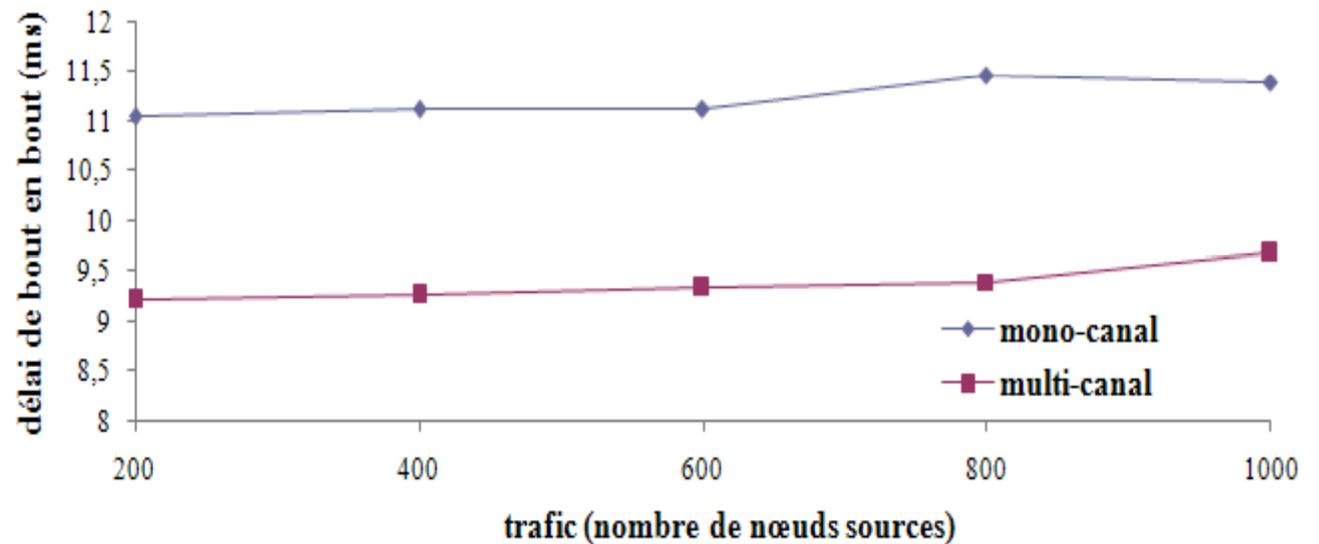
Ecart : ~7%



Latence



Délai



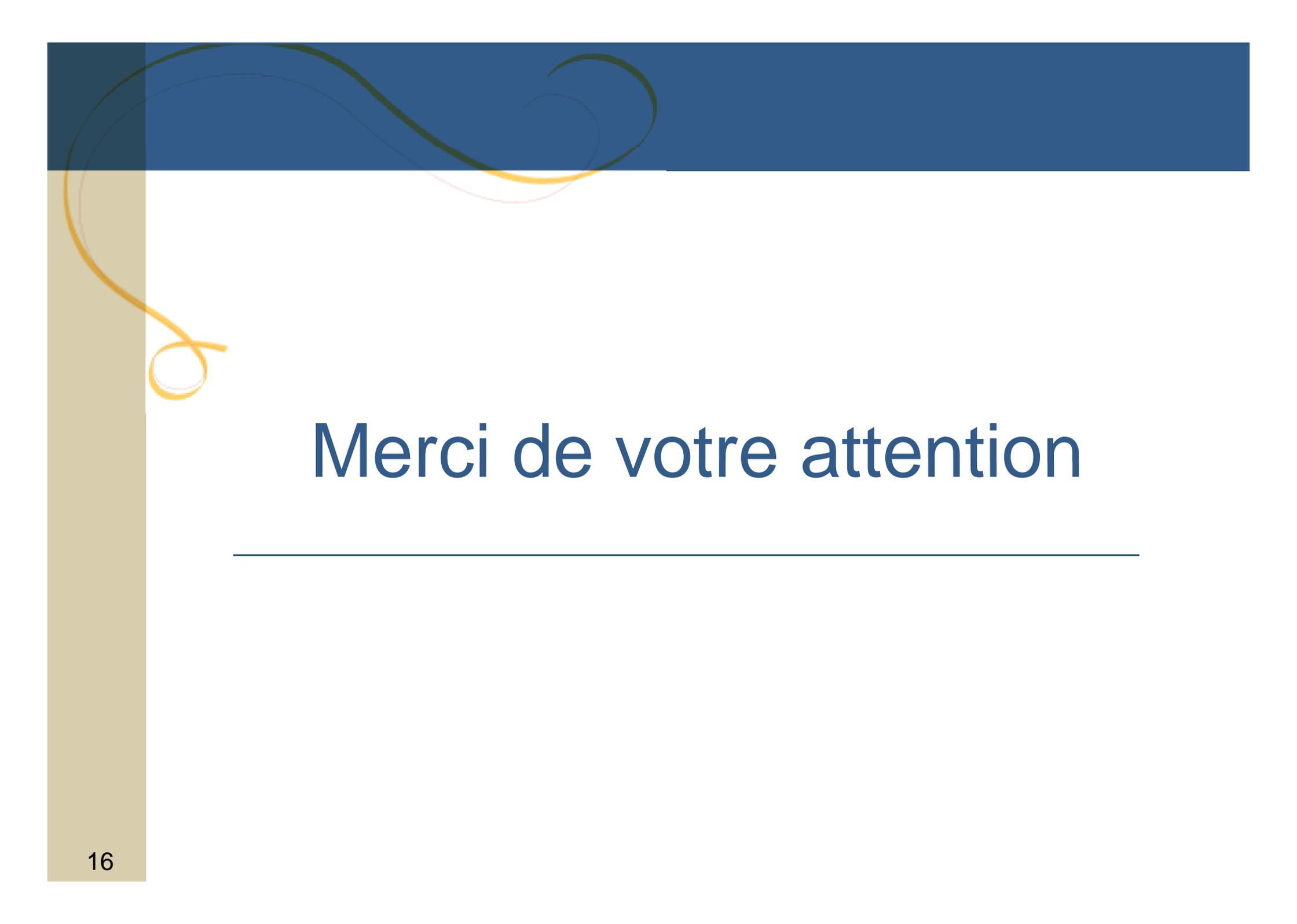
Conclusion et perspectives

□ Conclusion

- ✓ Algorithme de clustering avec canaux et puits multiples approprié aux grand réseaux
- ✓ Evaluer son impact sur la capacité du réseau

□ Perspective : Etude théorique

- ✓ Limites de fonctionnement de tels grands réseaux (plus de 100000 nœuds)
- ✓ Optimisation de la scalabilité
- ✓ Déploiement (nombre et/ou placement) des puits avec des contraintes de QoS



Merci de votre attention
