

# Analyse et conception d'algorithmes économes en énergie dans les réseaux de capteurs

Réalisé par

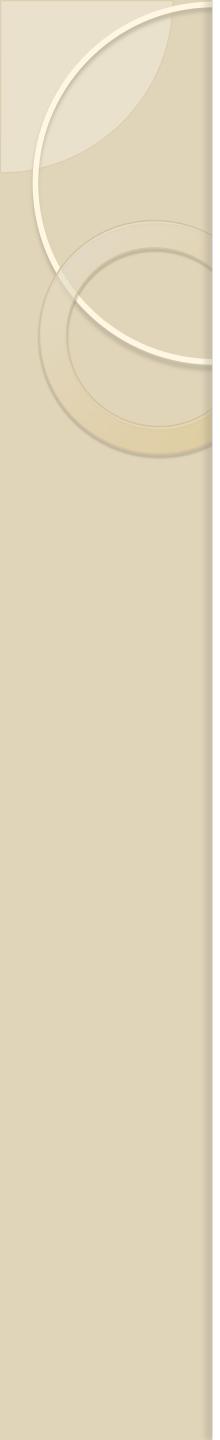
- Chloé Desdouits
- Zahir Kali
- Rabah Laouadi
- Samuel Rouquie

Encadrante

Anne-Élisabeth Baert

# Plan

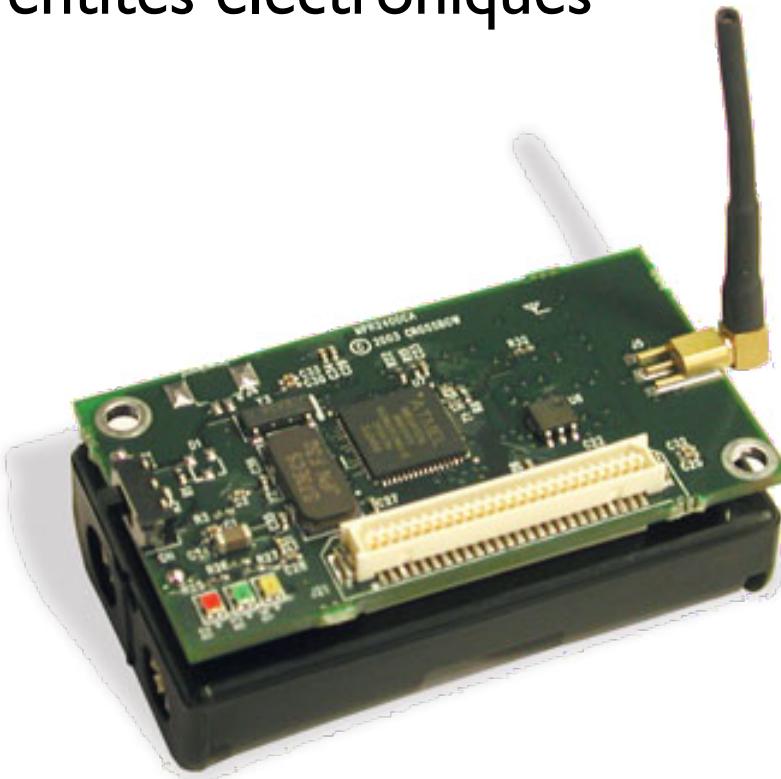
- Introduction aux réseaux de capteurs
- État de l'art
- Simulations et résultats
- Analyse et réflexion
- Conclusion



# **INTRODUCTION AUX RÉSEAUX DE CAPTEURS**

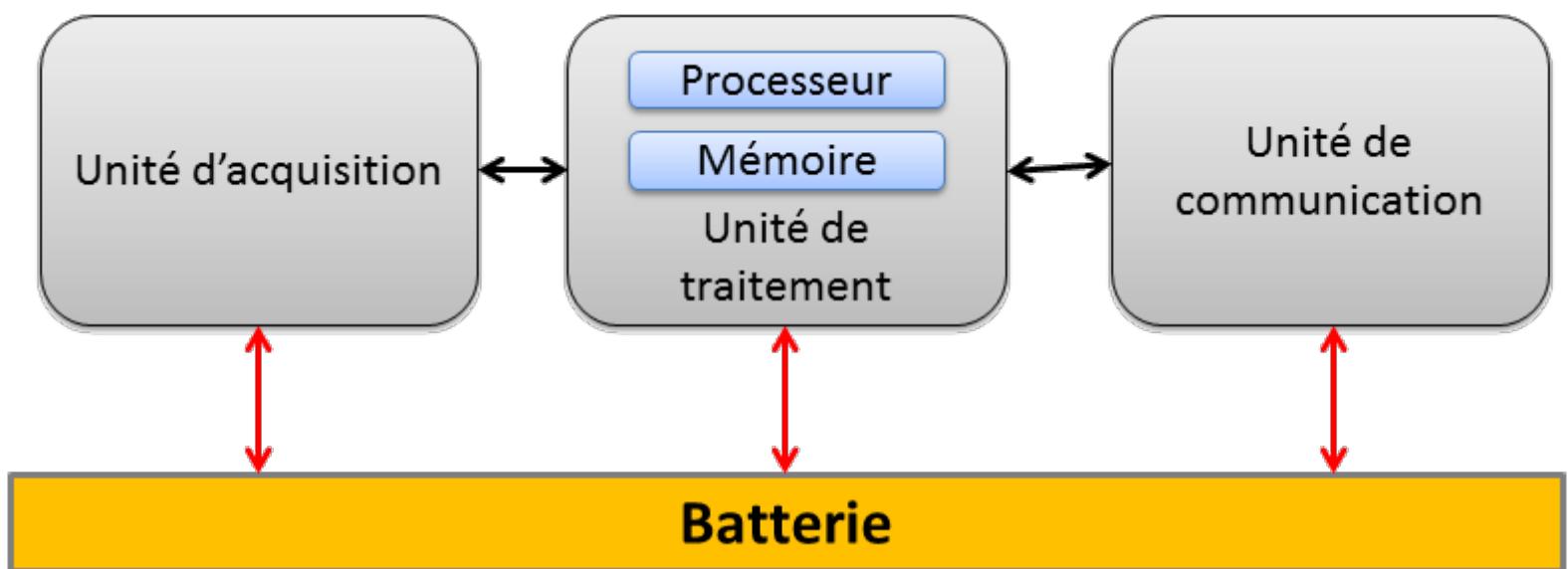
# Capteurs

- Petites entités électroniques



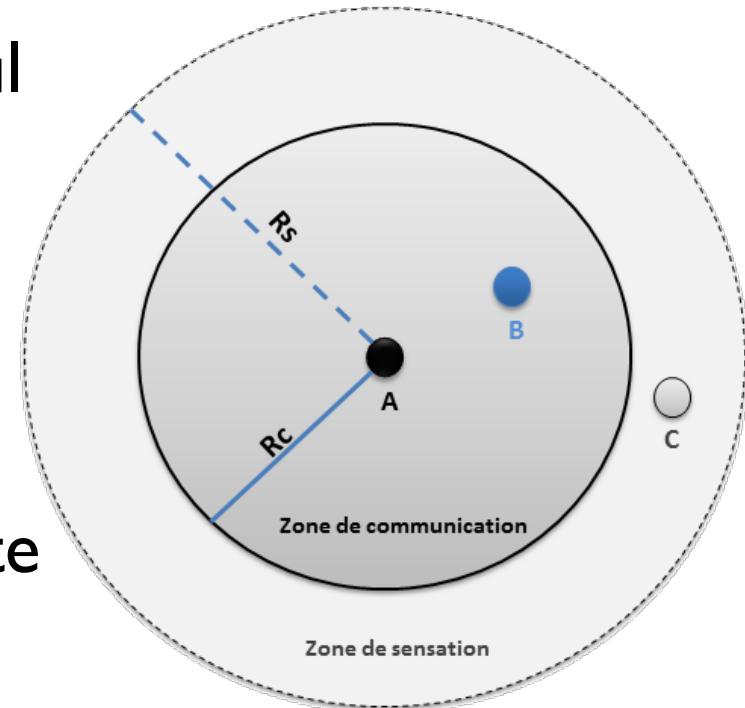
- Sans fil

# Architecture

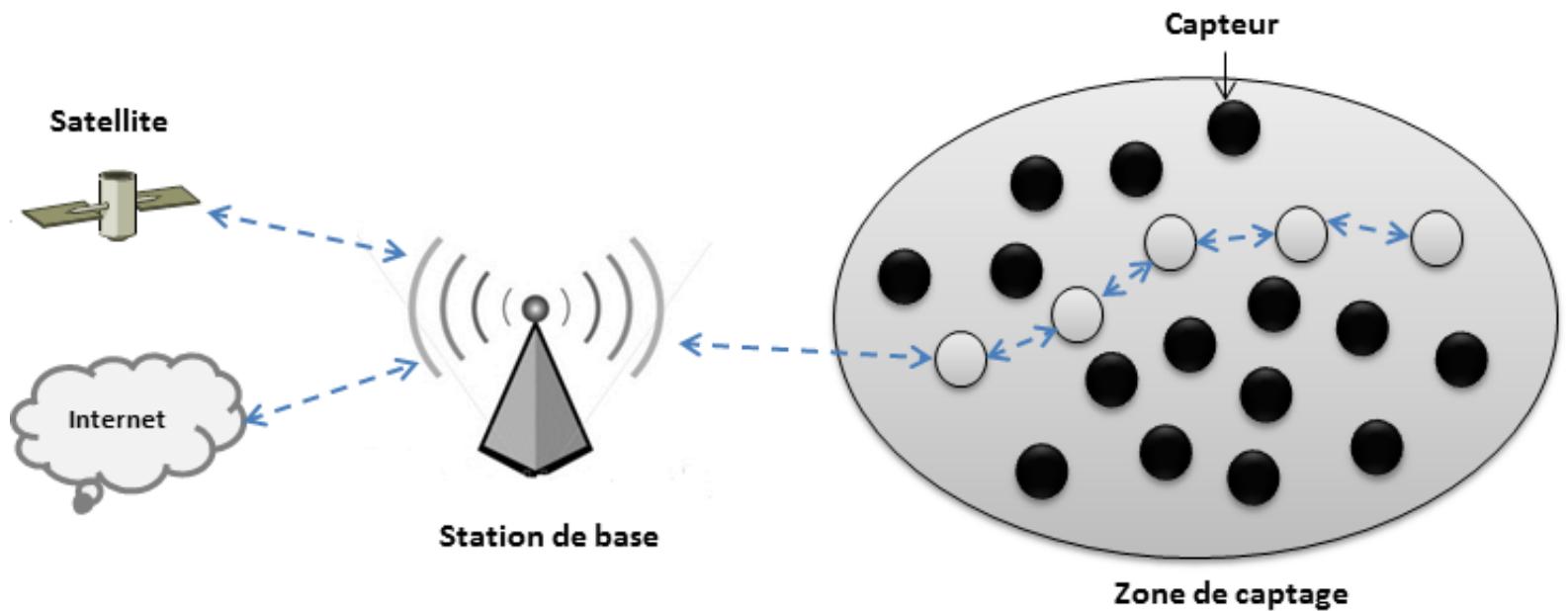


# Capacités

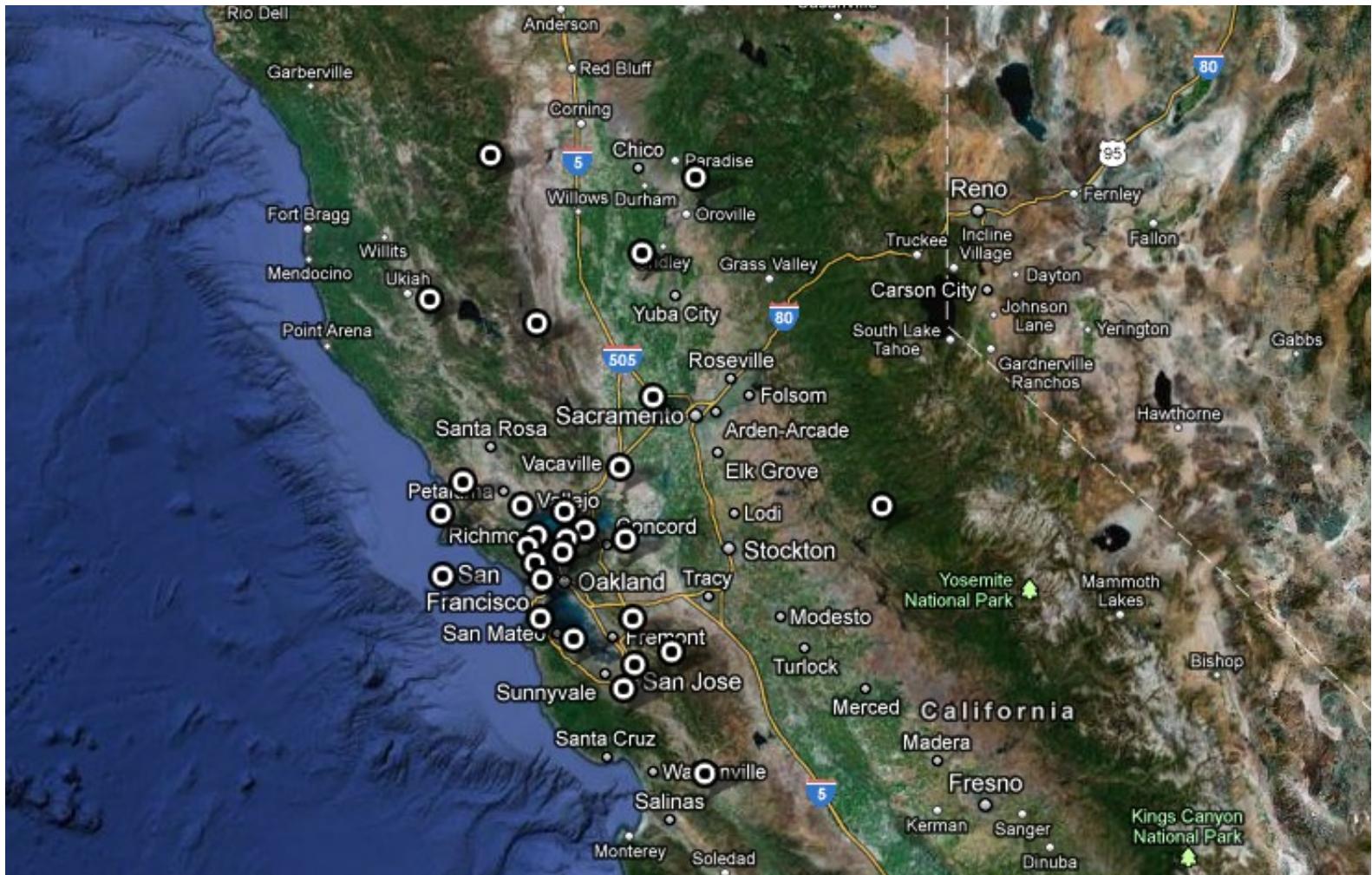
- Faible puissance de calcul
- Mémoire limitée
- Réserve d'énergie réduite
- Rayon de transmission maximum



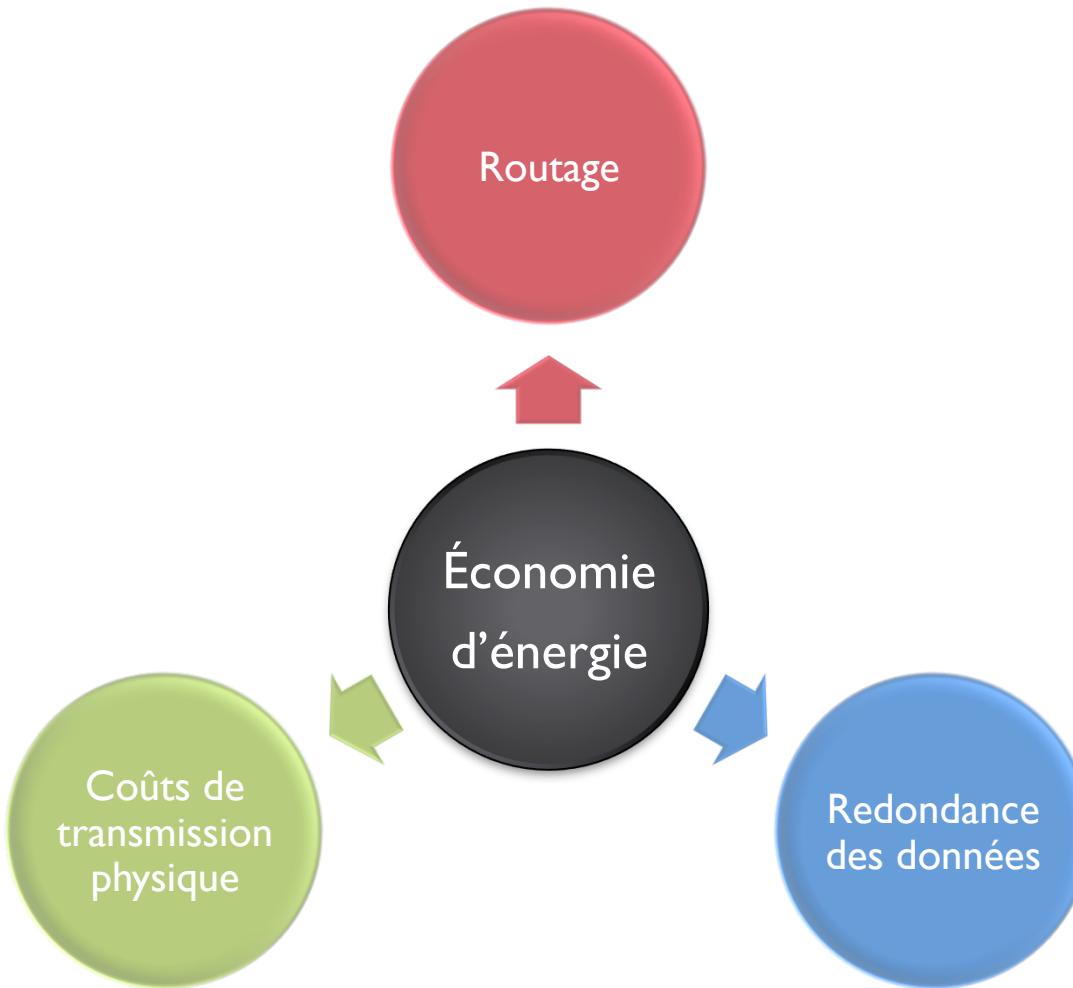
# Réseaux



# Exemple concret

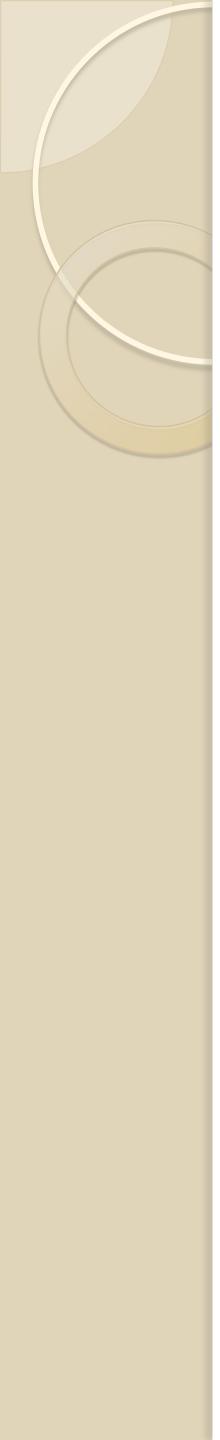


# Problématiques



# Nos objectifs

- Nous documenter sur les algorithmes existants
- Élaborer une classification
- Comparer leurs performances



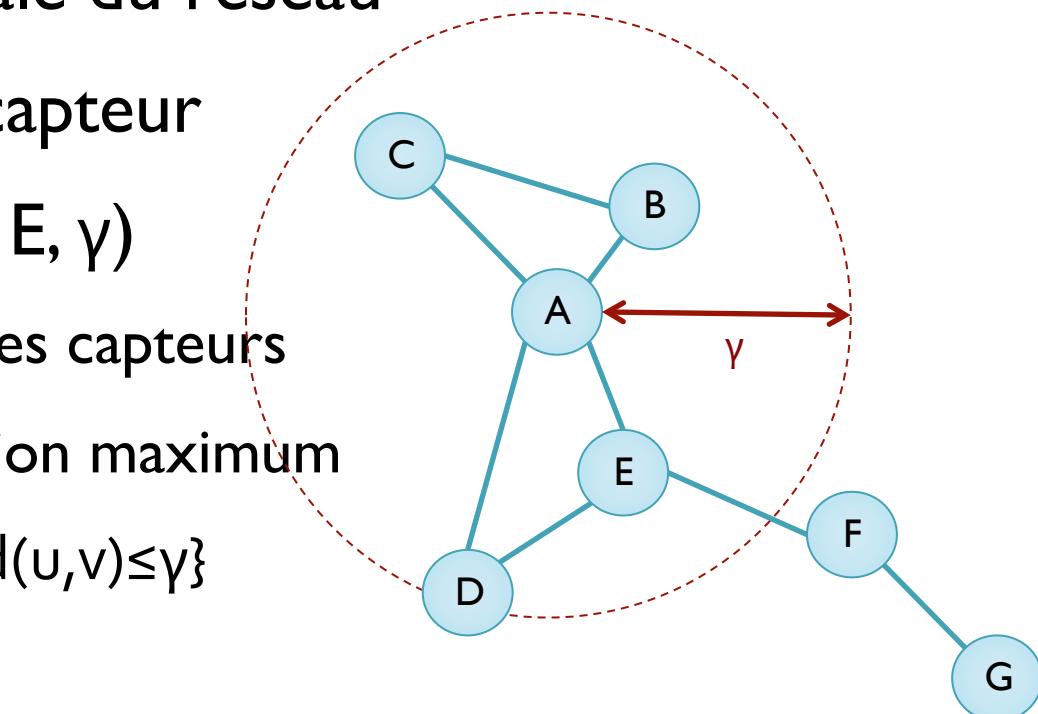
# **ÉTAT DE L'ART**

# Modélisation d'un capteur

- Nœud d'un graphe
- Capteurs identiques
- Pas de mobilité
- Pas de perte de message
- Quantité initiale d'énergie fixée
- Connaissance de sa propre position

# Modélisation d'un réseau

- Connexité initiale du réseau
- Pas d'ajout de capteur
- Graphe  $G = (V, E, \gamma)$ 
  - $V$  : l'ensemble des capteurs
  - $\gamma$  rayon d'émission maximum
  - $E = \{(u,v) \in V^2 \mid d(u,v) \leq \gamma\}$

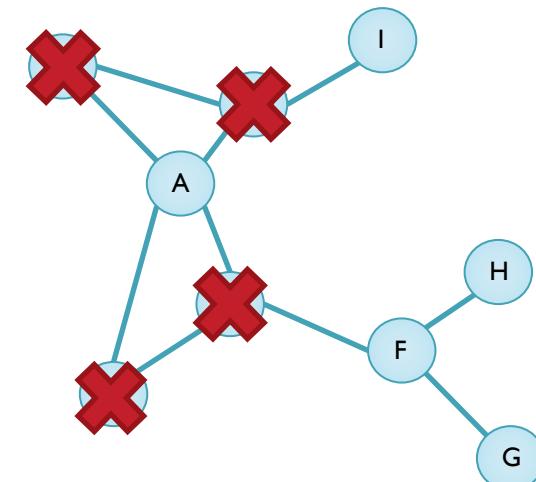


$$N_k(u_0) = \{u_i \in V \mid \exists c = (u_0, \dots, u_k), (u_{i-1}, u_i) \in E, \forall i \in \{1, \dots, k\}\}$$

# Modèle énergétique

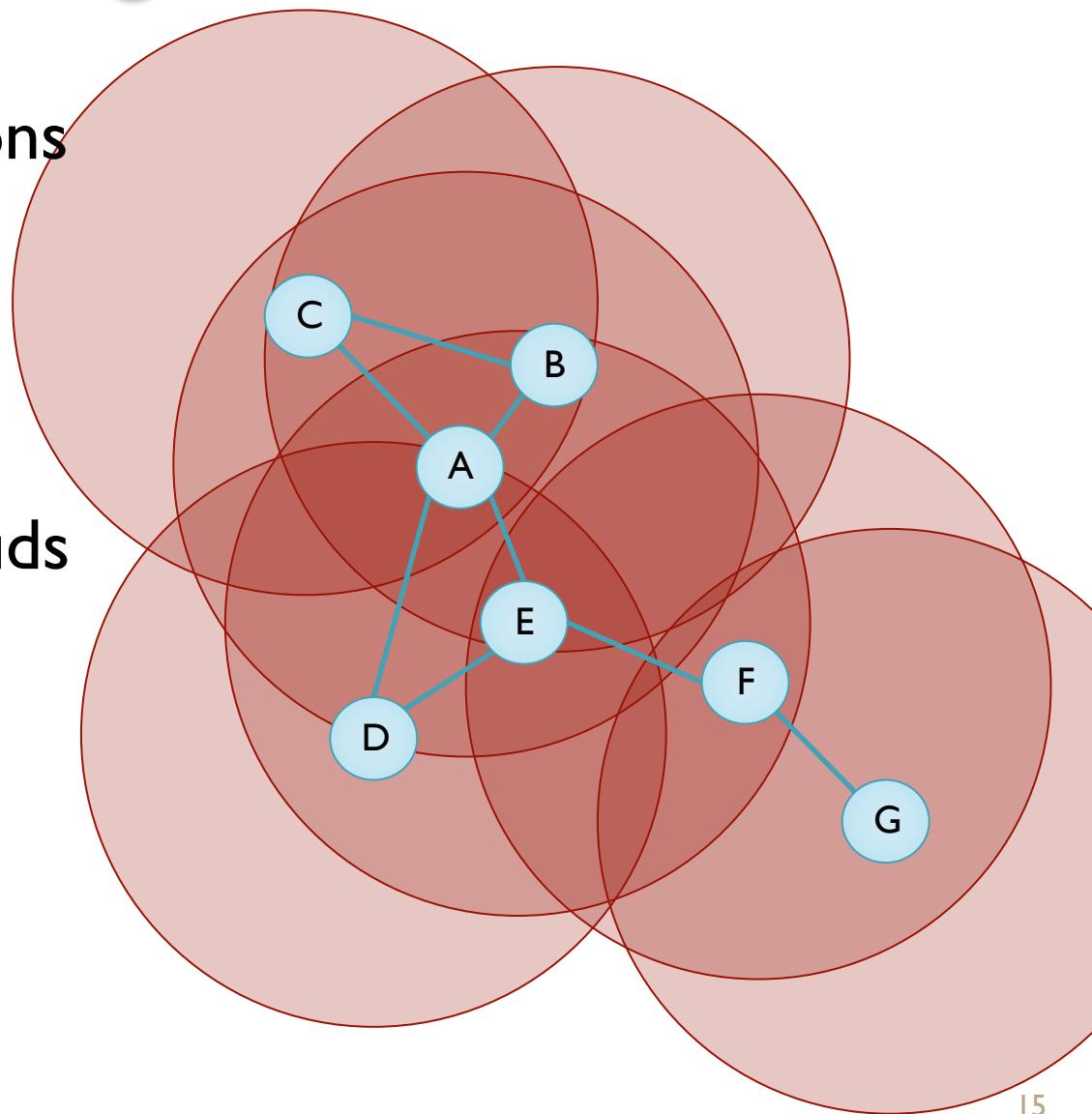
$$\bullet E_{ij}(r) = \begin{cases} r^\alpha + c & \text{si } i \neq j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- Durée de vie du réseau
  - Time To First Fall
  - Loose Connectivity
  - PerCent Node



# Blind flooding

- 4 transmissions superflues
- Tous les nœuds couverts



# Probabilistic flooding

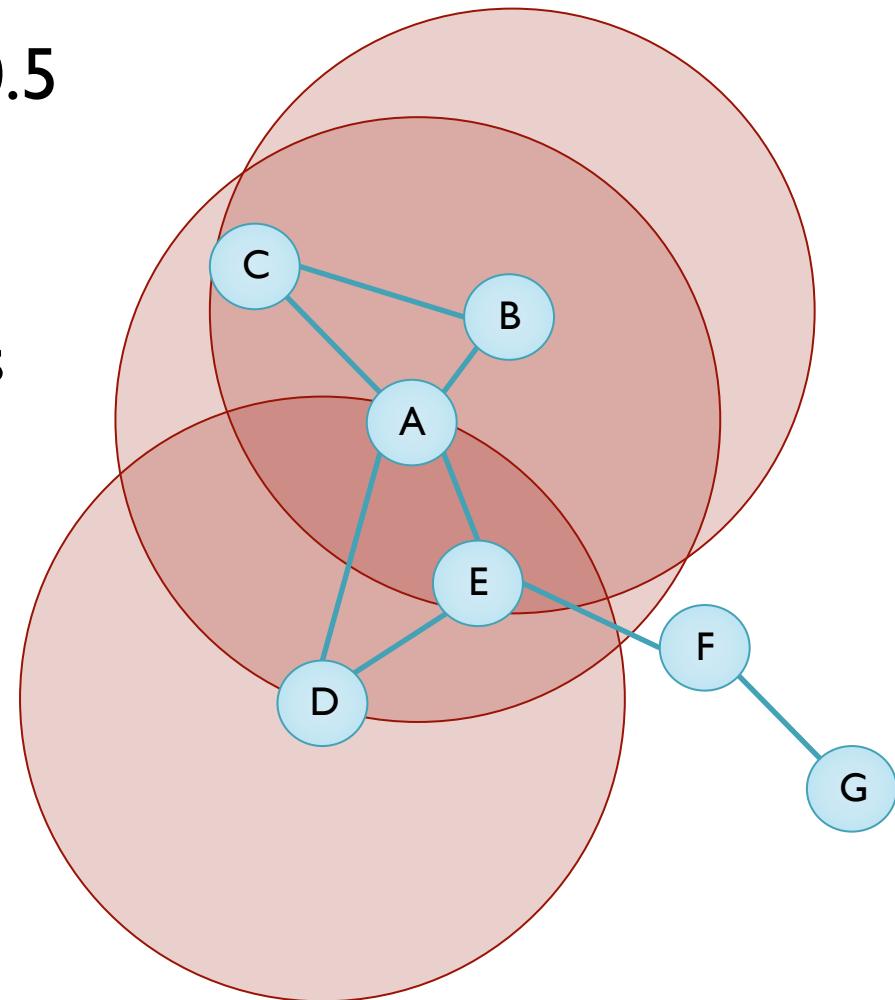
- exemple :  $P = 0.5$

- 2 transmissions

superflues

- 2 nœuds non

couverts



# Broadcast Incremental-power Protocol

- Basé sur l'algorithme

de Prim

- Coût d'une arête :

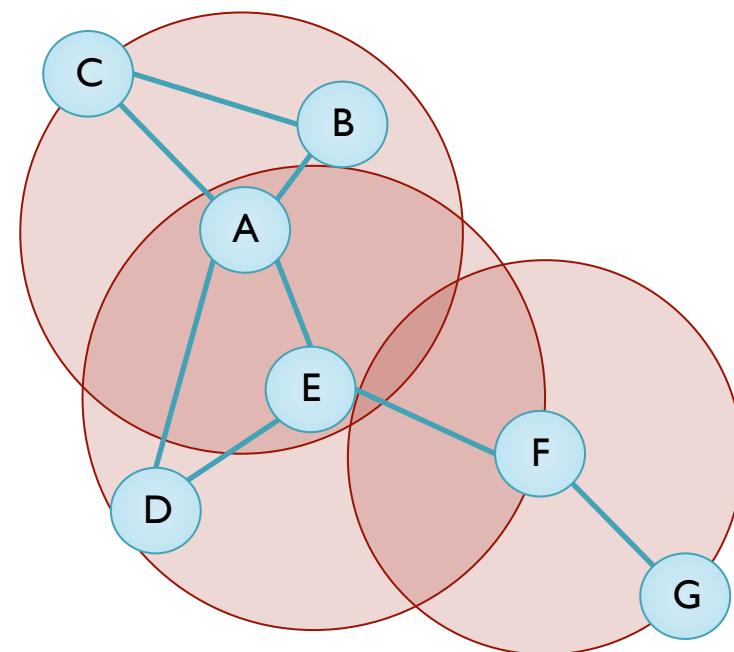
coût énergétique

- Pas de transmission

superflue

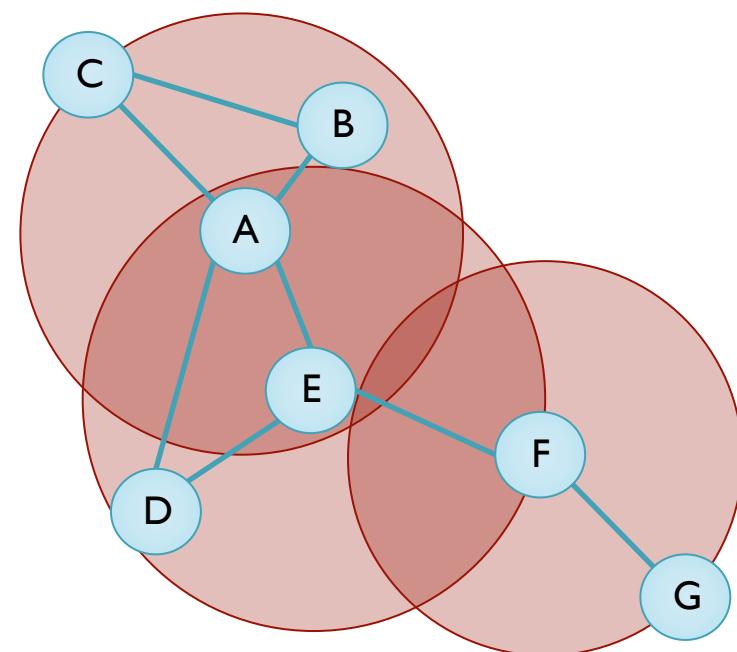
- Tous les nœuds

couverts



# Localised BIP

- Similaire à BIP
- Connaissance locale
- Ajout de données minimales dans le paquet
- Tous les nœuds couverts

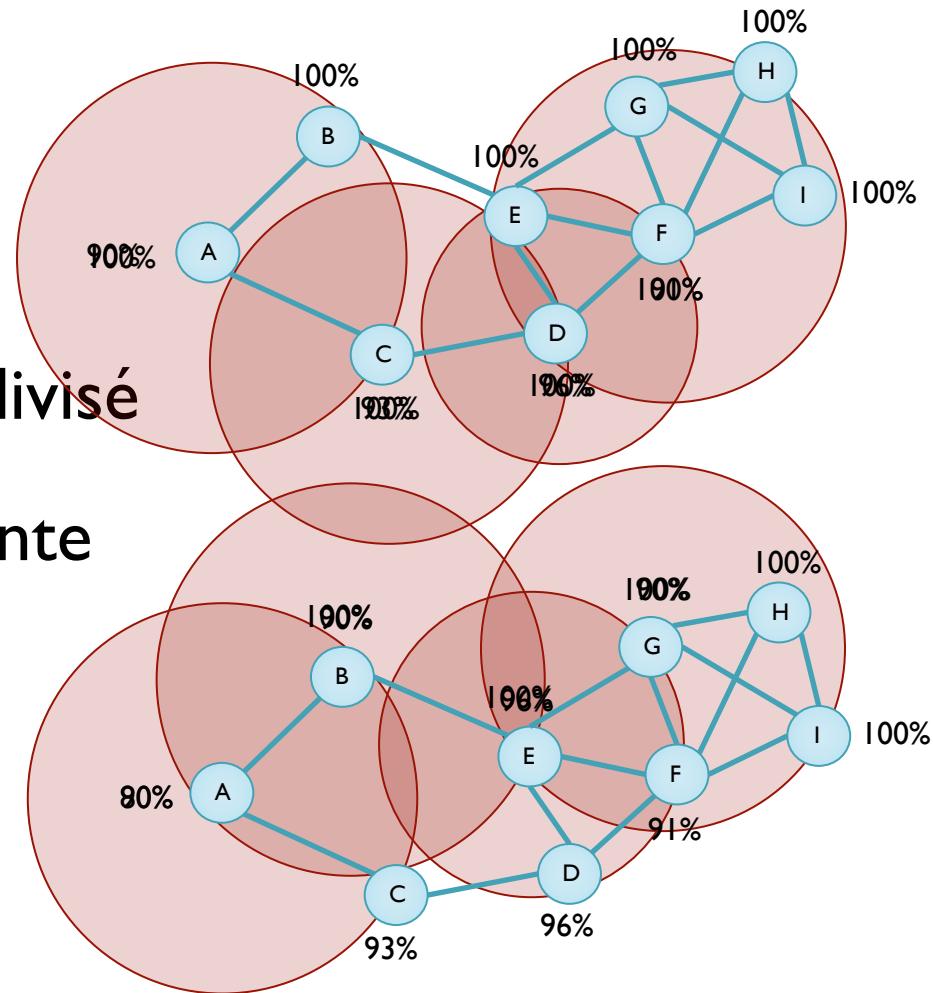


# Dynamic Localised BIP

- Similaire à LBIP

- Poids des arcs divisé  
par l'énergie restante

- Tous les nœuds  
couverts



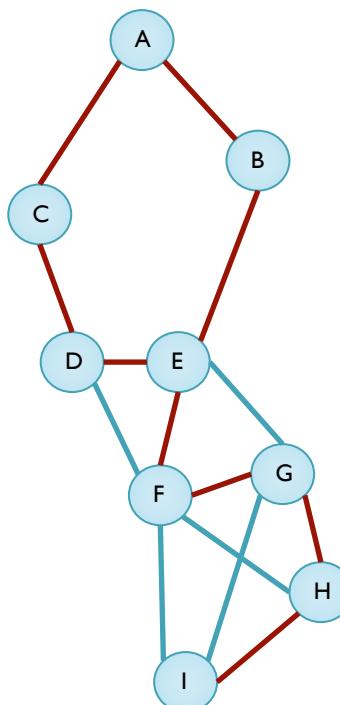
# Broadcast Oriented Protocols

- LMST Broadcast Oriented Protocol (LBOP)
  - Local Minimum Spanning Tree
    - $\cap_{u \in G} [MST(u)]$
- RNG Broadcast Oriented Protocol (RBOP)
  - Relative Neighborhood Graph
    - $E_{rng} = \{(u,v) \in G \mid \nexists w \in V \ (u,w), (w,v) \in E \ \wedge \ d(u,w) < d(u,v) \ \wedge \ d(v,w) < d(u,v)\}$

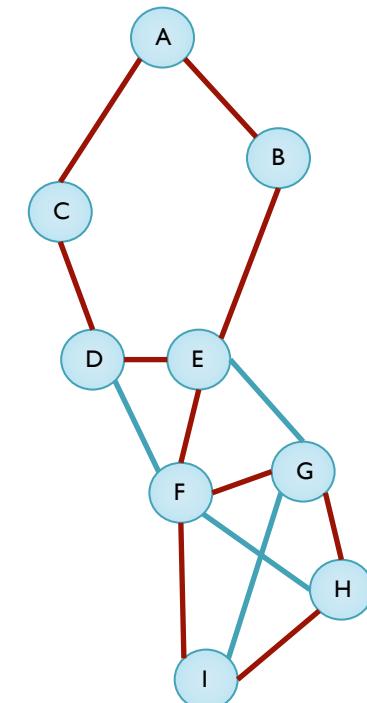
# LBOP

# RBOP

- Étapes d'initialisation :



LMST

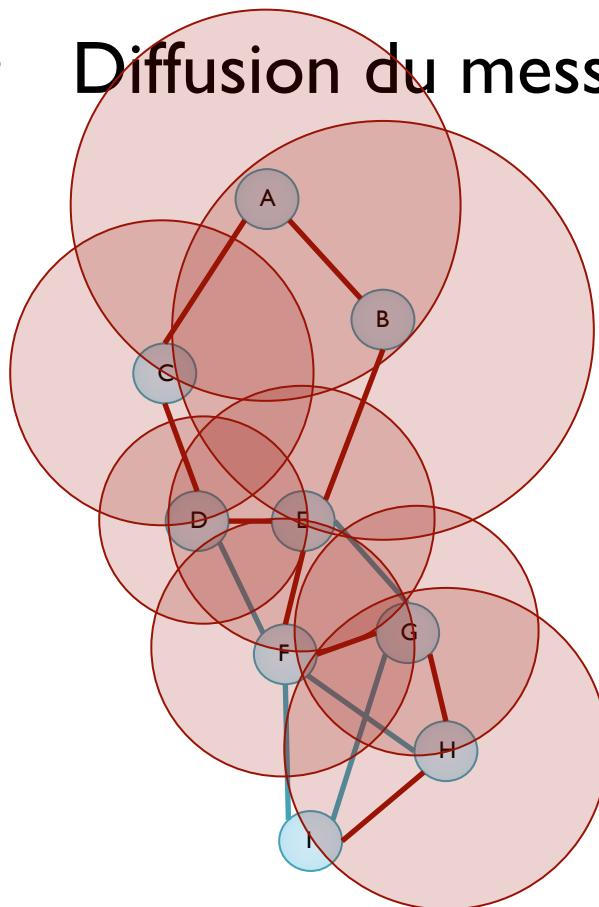


RNG

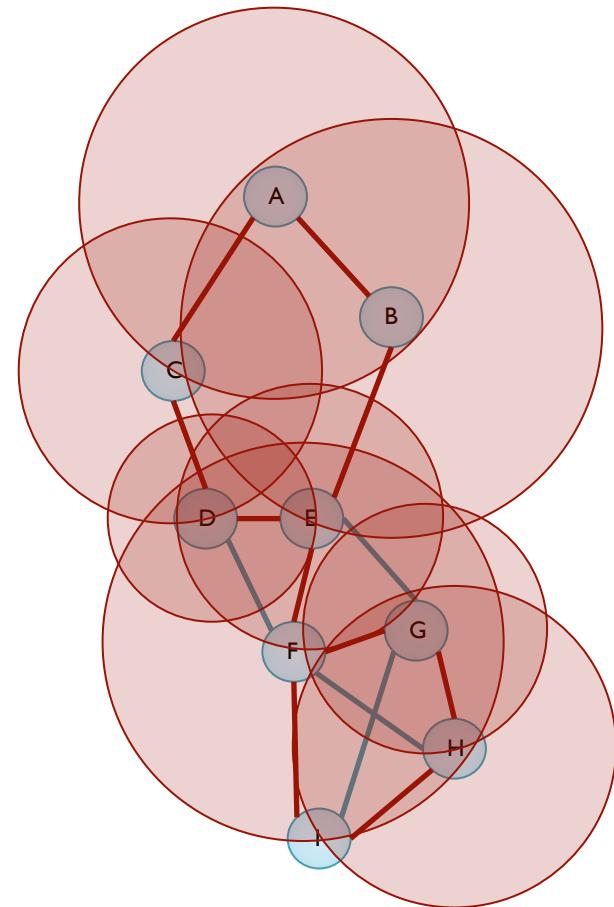
- LMST est un sous-graphe de RNG

# LBOP

- Diffusion du message :



# RBOP



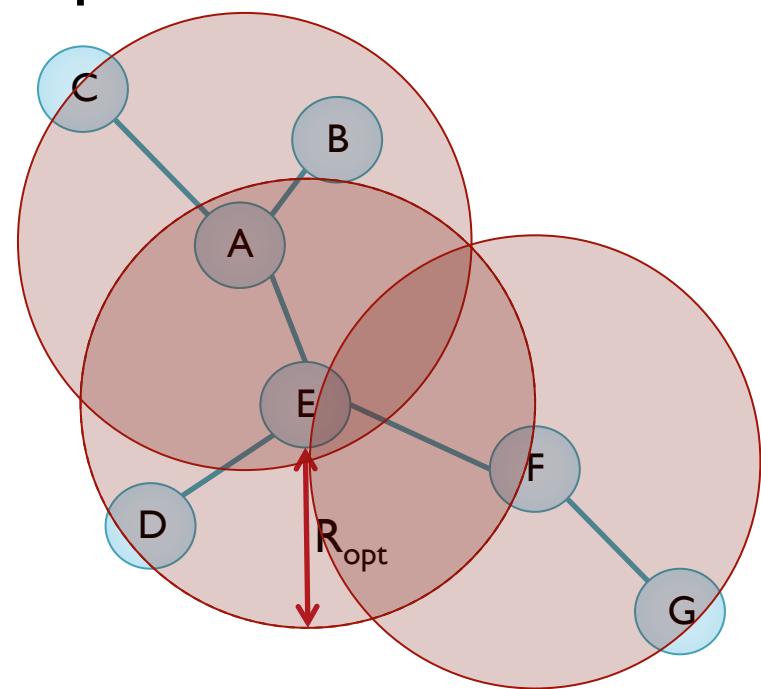
- Tous les nœuds couverts

# TR-LBOP

- Basé sur LBOP
- Rayon de transmission optimal

$$R_{opt} = \left( \frac{2c}{\alpha - 2} \right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

- Diffusion du message



# Classification

	<b>mode d'émission</b>	
algorithme	broadcast	single-cast
Flow augmentation [7]	✗	✓
Flow redirection [7]	✗	✓
Energy Aware Routing [20]	✗	✓
Blind Flooding	✓	✗
Probabilistic Flooding	✓	✗
Area-based Beaconless Broadcasting Algorithms [18]	✓	✗
Broadcast Incremental-power Protocol [22]	✓	✗
Localized Broadcast Incremental-power Protocol [15]	✓	✗
Dynamic Localized Broadcast Incremental-power Protocol [5]	✓	✗
LMST Broadcast Oriented Protocol [3]	✓	✗
RNG Broadcast Oriented Protocol [3]	✓	✗
Target Radius LMST Broadcast Oriented Protocol [13]	✓	✗

# Classification

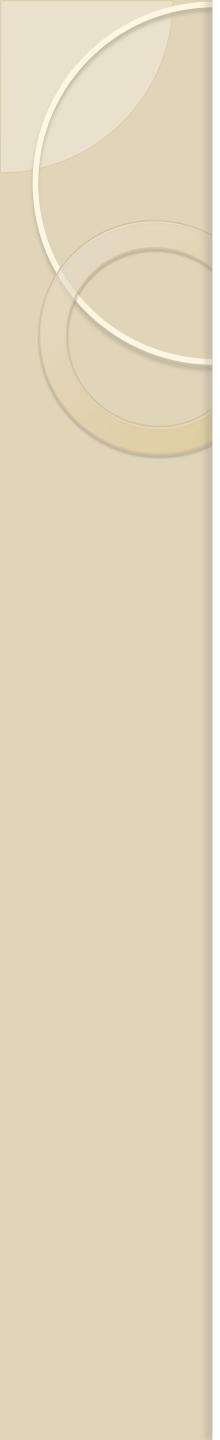
	<b>connaissance</b>	
algorithme	globale	locale
FA	✗	✓
FR	✓	✗
EAR	✗	✓
BF	✗	✓
PF	✗	✓
ABBA	✗	✓
BIP	✓	✗
LBIP	✗	✓
DLBIP	✗	✓
LBOP	✗	✓
RBOP	✗	✓
TR-LBOP	✗	✓

	<b>rayon d'émission</b>	
algorithme	fixe	variable
FA	✗	✓
FR	✗	✓
EAR	✗	✓
BF	✓	✗
PF	✓	✗
ABBA	✓	✗
BIP	✗	✓
LBIP	✗	✓
DLBIP	✗	✓
LBOP	✗	✓
RBOP	✗	✓
TR-LBOP	✗	✓

# Classification

	<b>balisage</b>	
algorithme	avec	sans
FA	✗	✓
FR	✗	✓
EAR	✓	✗
BF	✗	✓
PF	✗	✓
ABBA	✗	✓
BIP	✓	✗
LBIP	✓	✗
DLBIP	✓	✗
LBOP	✓	✗
RBOP	✓	✗
TR-LBOP	✓	✗

	<b>décision</b>	
algorithme	déterministe	probabiliste
FA	✓	✗
FR	✓	✗
EAR	✗	✓
BF	✓	✗
PF	✗	✓
ABBA	✓	✗
BIP	✓	✗
LBIP	✓	✗
DLBIP	✓	✗
LBOP	✓	✗
RBOP	✓	✗
TR-LBOP	✓	✗



# **SIMULATIONS ET RÉSULTATS**

# Choix des outils

- Simulateur de réseau : WSNET
- Visualisateur de graphes avec C++ / Qt
- Scripts de traitement des données Bash et C++

# WSNET

- simulateur évènementiel pour les grands réseaux de capteurs sans fils
- langage C
- Implémenté par des chercheurs lyonnais
- Composé de modules (couches réseau)

# Nos modules WSNET

## APPLICATION

- Une simple application de broadcast multi-sources

## ROUTAGE

- FLOOD      • FA
- RBOP      • LBOP
- BIP          • LBIP      • DLBIP

## LIAISON

- Protocole MAC sans interférences gérant la modification du rayon de transmission

## ENERGIE

- Module gérant la consommation d'énergie pendant l'envoi

## STRUCTURE

- Structures de données utilitaires

# Paramètres de simulations

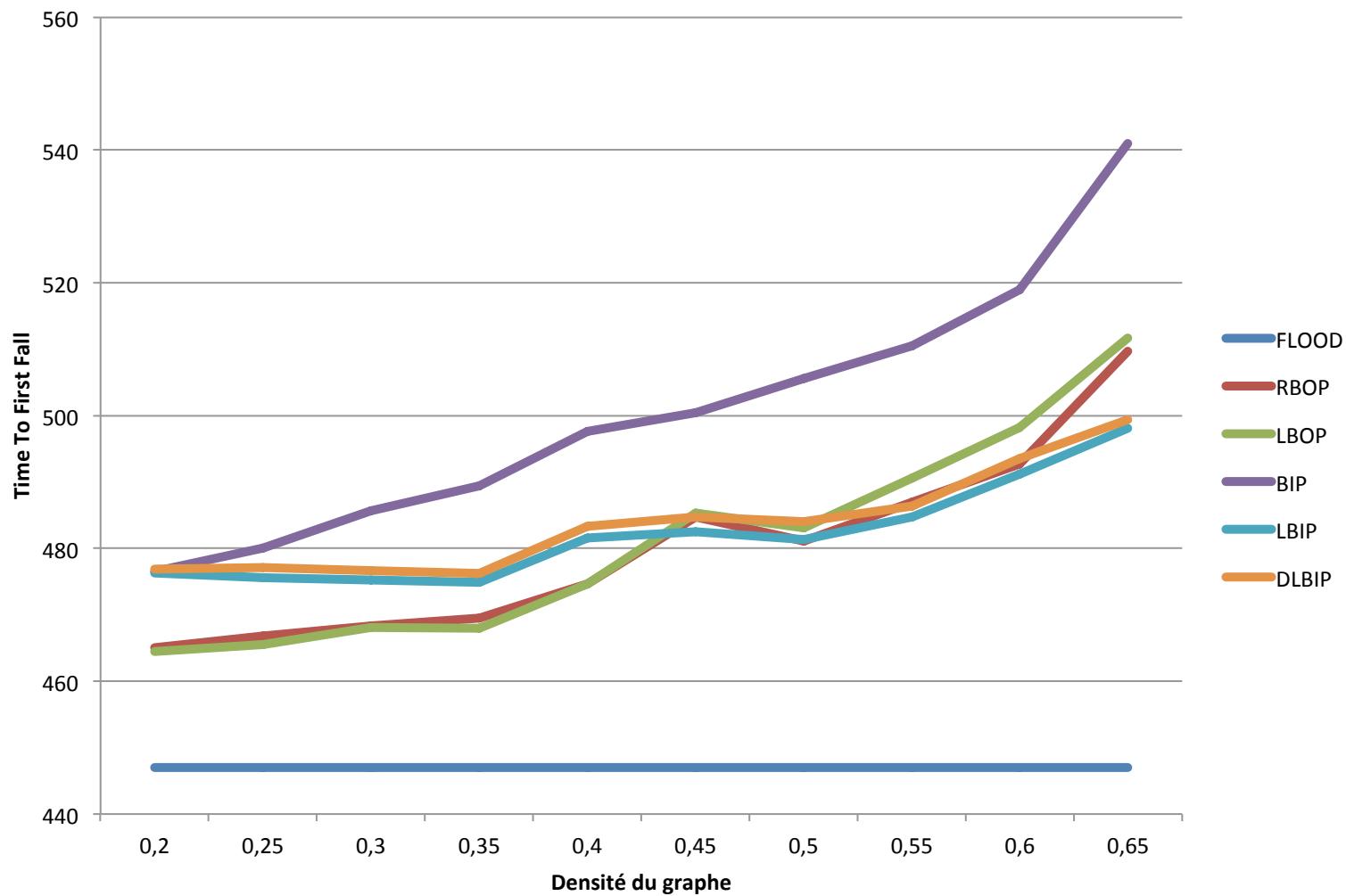
- fixés pour toutes les simulations :
  - temps de simulation : 10 000s
  - période de diffusion : 2s
  - portée d'un nœud : 30m
  - taille de la zone de simulation : 1 000 000 m<sup>2</sup>
- résultats moyens sur plus de 1000 simulations
- Courbes : {densités} {durées de vie}
  - Densité = degré moyen / diamètre



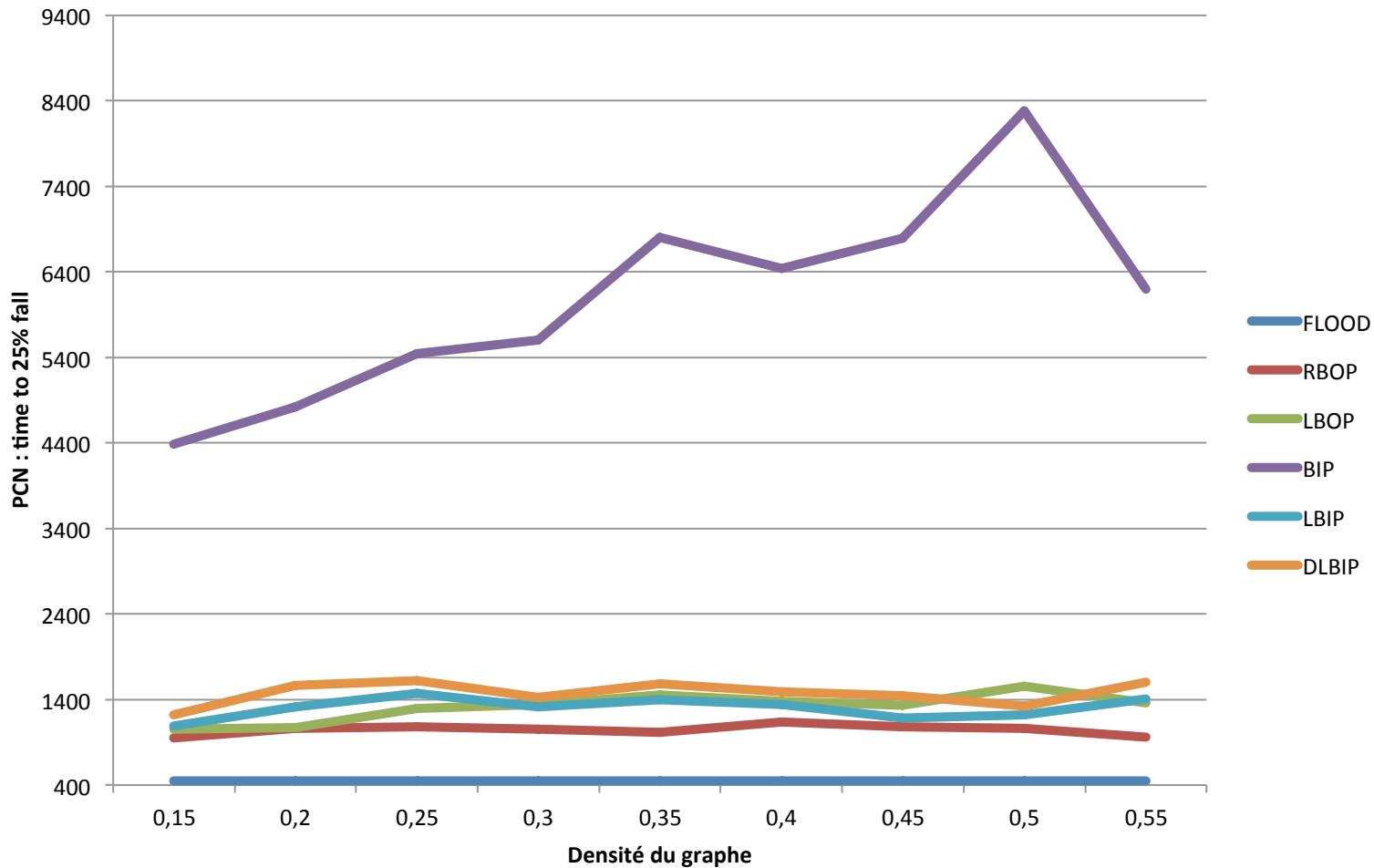
# Première phase de simulations

- Constantes énergétiques
  - $\alpha = 2$
  - $c = 0$
- Énergie initiale : 200 000
- Topologie aléatoire

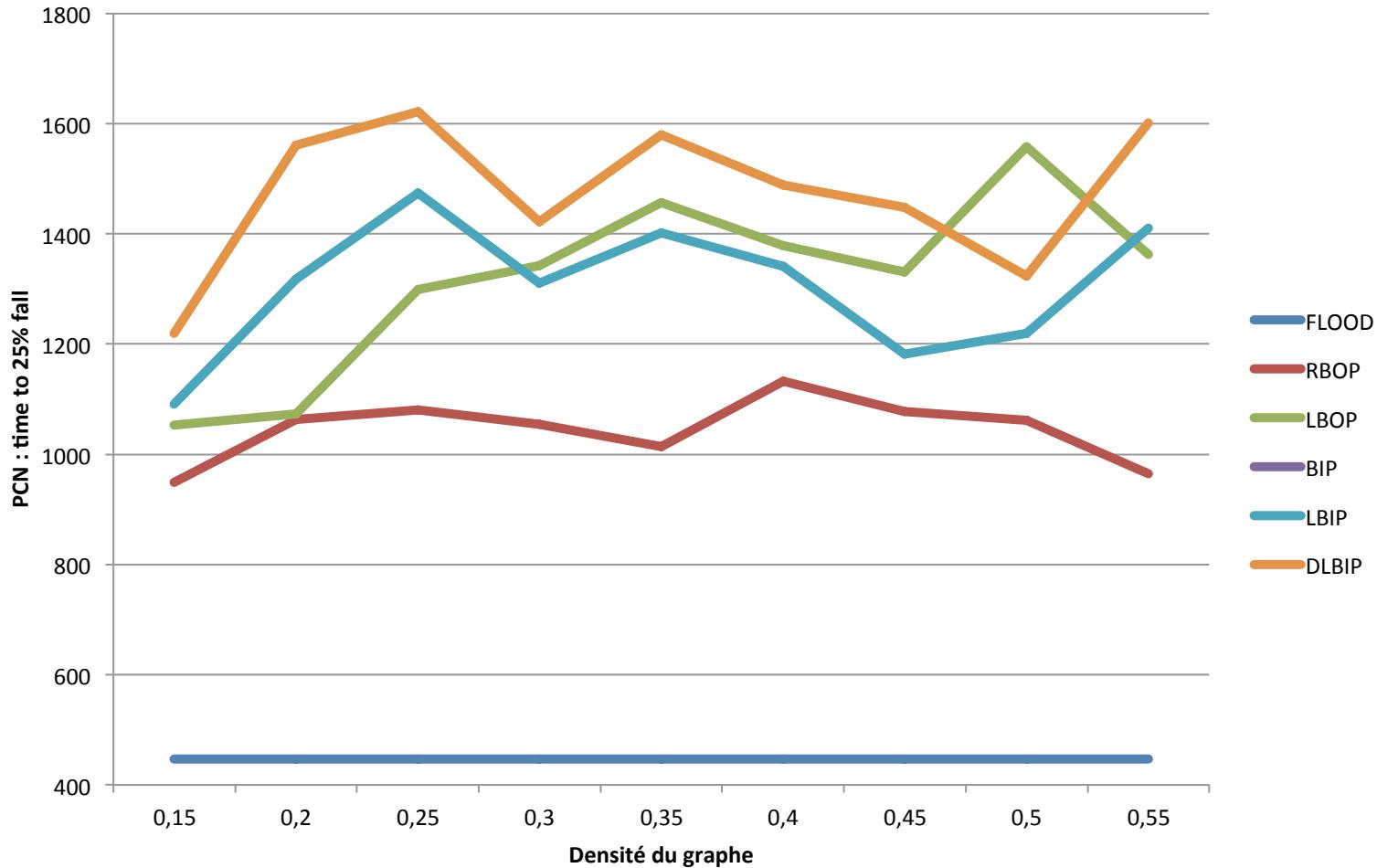
# Time To First Fall



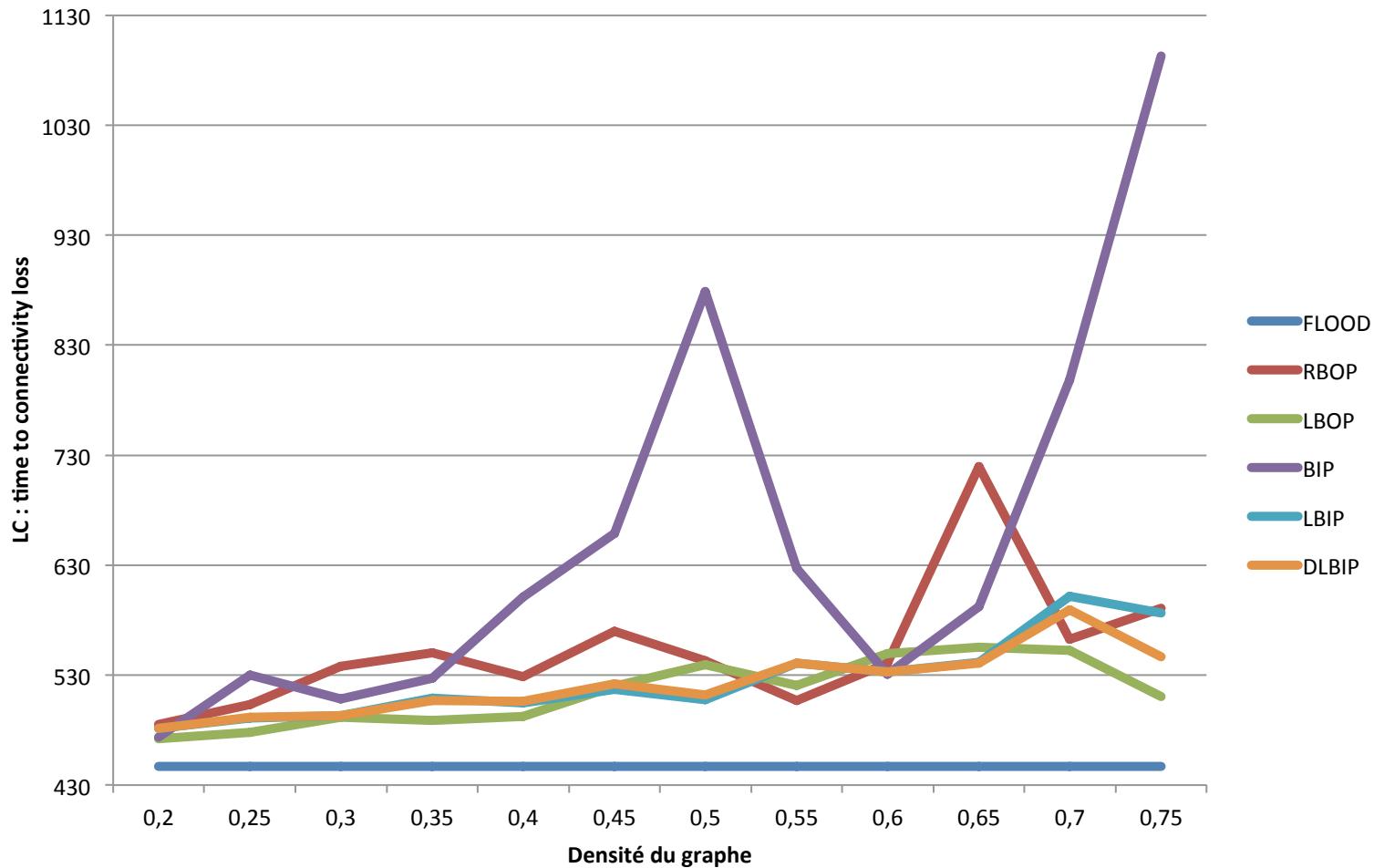
# Time to 25% fall



# Time to 25% fall



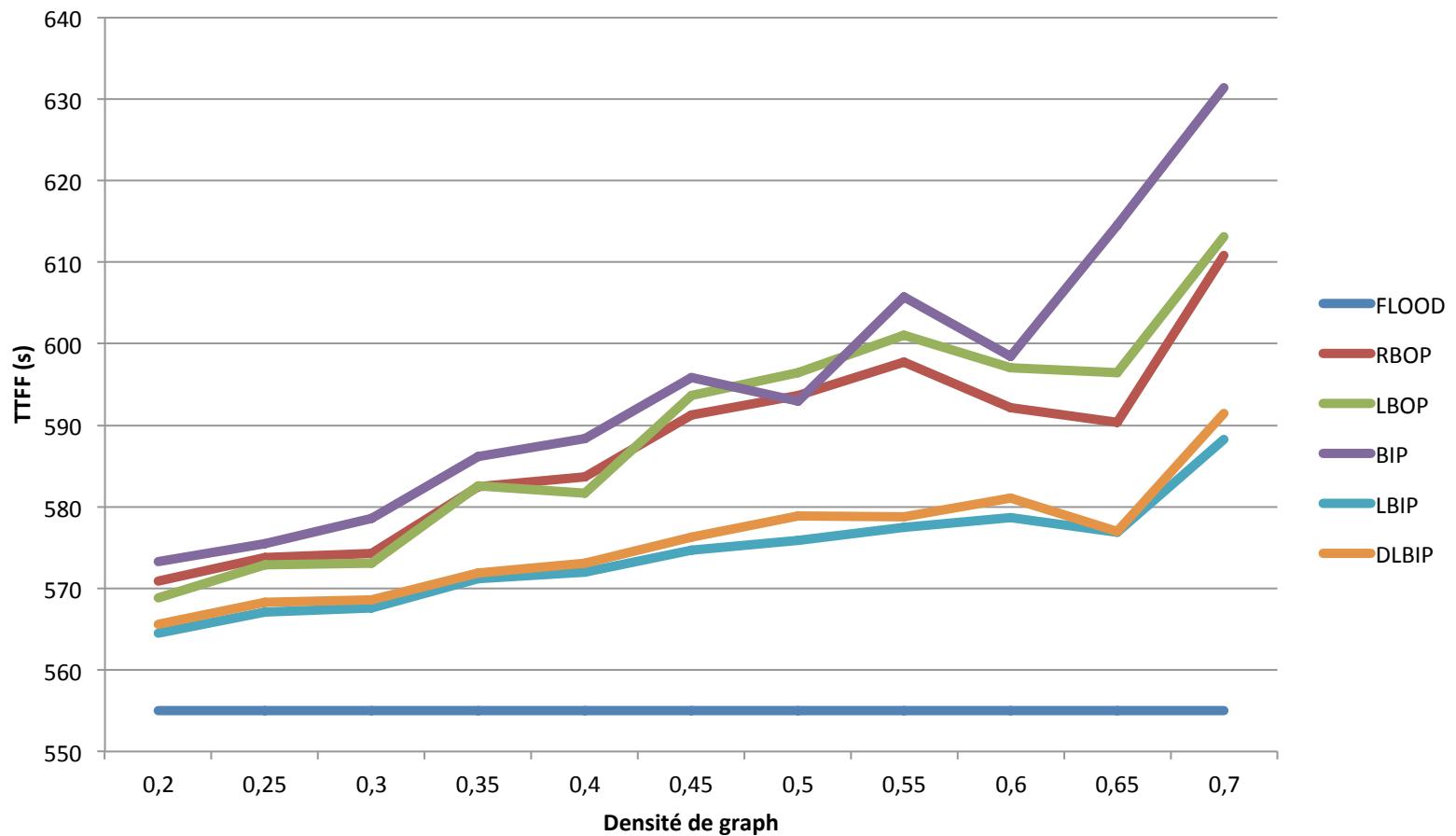
# Time to connectivity loss



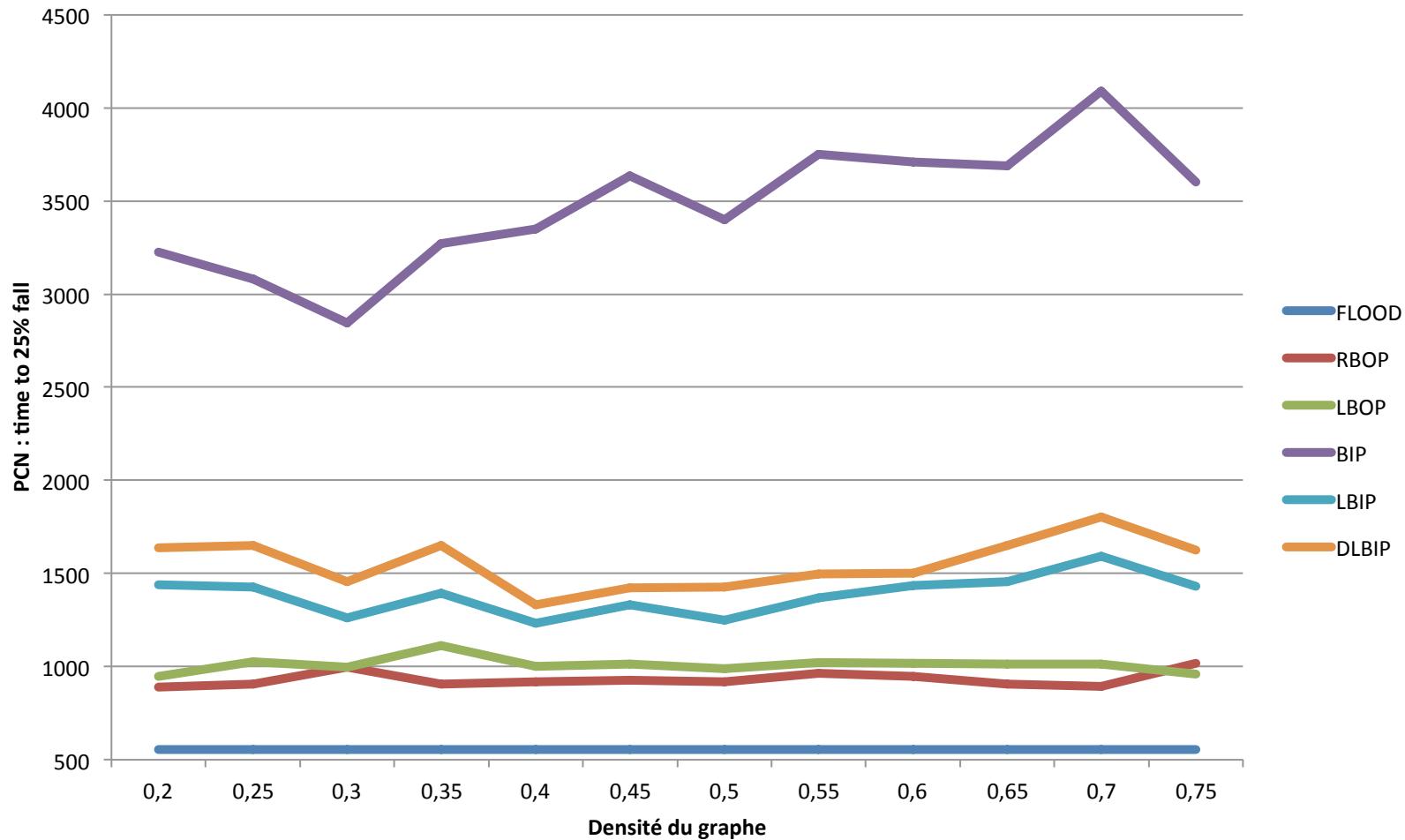
# Deuxième phase de simulations

- Constantes énergétiques
  - $\alpha = 4$
  - $c = 10^6$
- Énergie initiale : 500 000 000
- Topologie aléatoire

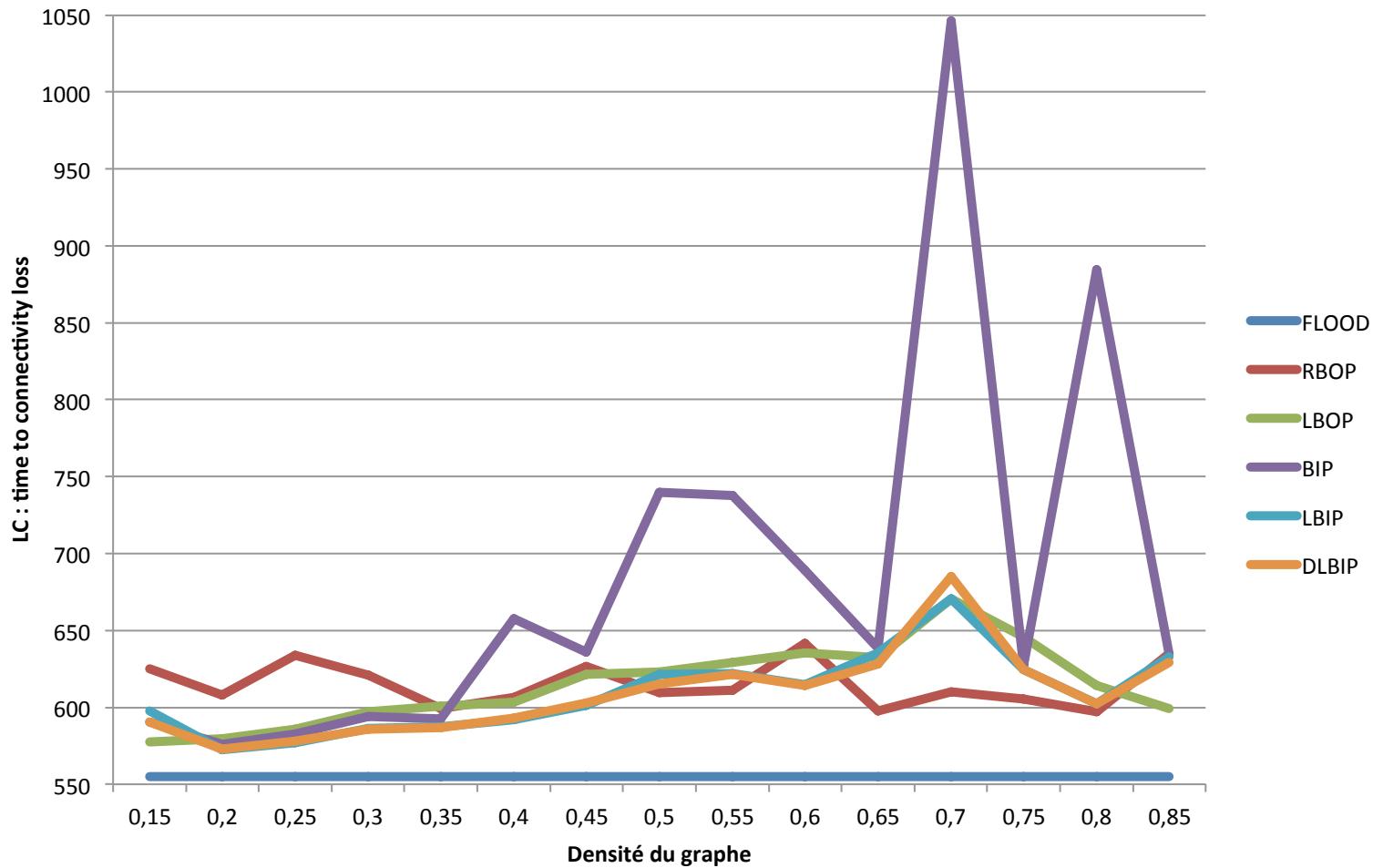
# Time To First Fall



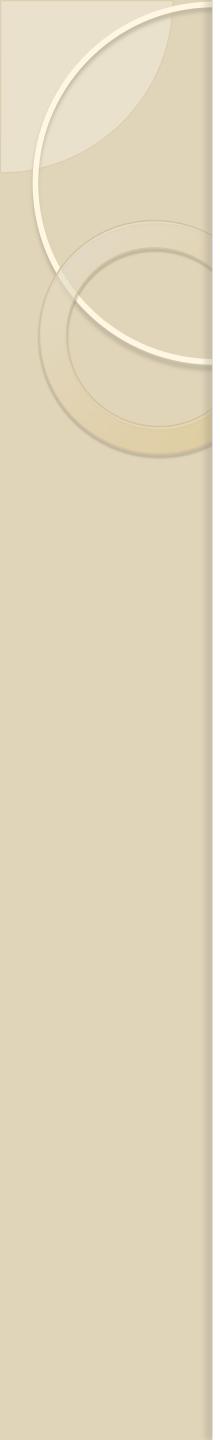
# Time to 25% fall



# Time to connectivity loss



# **DEMONSTRATION**



# **ANALYSE ET RÉFLEXION**

# Consommation énergétique

- Modèles peu réalistes
- Pas de prise en compte
  - des types de capteurs existants
  - de l'énergie de capture
  - de l'énergie de traitement
  - de l'énergie de réception

# Nos idées

- Algorithme préservant la connexité du réseau
- Etablir un modèle énergétique plus réaliste
- Algorithmes de prétraitement
- TR-DLBIP

# **CONCLUSION**

# Travail de groupe

- Travail collaboratif grâce à git / github
- Communications régulières par mails
- Réunions une à deux fois par semaine
- Complémentarité des compétences

# Problèmes rencontrés

- Disparités dans la modélisation du problème
- Domaine de recherche très étendu
- Manque de documentation sur WSNET

# Contributions

- Définition d'un cadre rigoureux
- Classification des algorithmes
- Développement de :
  - 11 modules pour WSNET
  - plusieurs scripts de collecte des données
  - un visualisateur de réseaux
- Comparaison des performances des algorithmes



**Merci de votre attention !**

**Avez-vous des questions ?**

# **BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Manish Agarwal, Lixin Gao, Joon Ho Cho, and Jie Wu. Energy Efficient Broadcast in Wireless Ad hoc Networks with Hitch-hiking. *MONET*, 10(6) : 897–910, 2005.
- [2] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci. Wireless sensor networks : a survey. *Computer Networks*, 4(38) :393–422, 2002.
- [3] J. Cartigny, F. Ingelrest, D. Simplot-Ryl, and I. Stojmenovic. Localized LMST and RNG based minimum-energy broadcast protocols in ad hoc networks. *Ad Hoc Networks*, 3(1) :1–16, 2005.
- [4] J. Cartigny, D. Simplot, and I. Stojmenovic. Localized minimum-energy broadcasting in ad-hoc networks. In *INFOCOM 2003. Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications. IEEE Societies*, volume 3, pages 2210–2217. IEEE, 2003.
- [5] J. Champ, A.E. Baert, and V. Boudet. Dynamic localized broadcast incremental power protocol and lifetime in wireless ad hoc and sensor networks. *Wireless and Mobile Networking*, pages 286–296, 2009.

- [6] J. Champ, C. Saad, and A.E. Baert. Lifetime in wireless sensor networks. In Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, 2009. CISIS'09. International Conference on, pages 293–298. IEEE, 2009.
- [7] Jae-Hwan Chang and Leandros Tassiulas. Energy conserving routing in wireless ad-hoc networks. INFOCOM, pages 22–31, 2000.
- [8] J. Deng, Y. S. Han, W. B. Heinzelman, and P. K. Varshney. Scheduling sleeping nodes in high density cluster-based sensor networks. ACM/Kluwer Mobile Networks and Applications (MONET), Special Issue on “Energy Constraints and Lifetime Performance in Wireless Sensor Networks”, 2005.
- [9] Isabel Dietrich and Falko Dressler. On the lifetime of wireless sensor networks. TOSN, 5(1), 2009.
- [10] Q. Dong. Maximizing system lifetime in wireless sensor networks. IPSN '05 : Proceedings of the 4th international symposium on Information processing in sensor networks, page 3, 2005.

- [11] Abdelrahman Elleithy and Gonhsin Liu. A simulation model for the lifetime of wireless sensor networks. CoRR, abs/1201.2237, 2012.
- [12] S. Giordano, I. Stojmenovic, and L. Blazevic. Position based routing algorithms for ad hoc networks : a taxonomy. *Ad Hoc Wireless Networking*, pages 103–136, 2003.
- [13] F. Ingelrest, D. Simplot-Ryl, and I. Stojmenovic. Target transmission radius over LMST for energy- efficient broadcast protocol in ad hoc networks. In *Communications, 2004 IEEE International Conference on*, volume 7, pages 4044–4049. IEEE, 2004.
- [14] F. Ingelrest, D. Simplot-Ryl, and I. Stojmenović. Energy-efficient broadcasting in wireless mobile ad hoc networks. *Resource Management in Wireless Networking*, pages 543–582, 2005.
- [15] François Ingelrest and David Simplot-Ryl. Localized broadcast incremental power protocol for wi- reless ad hoc networks. *Wirel. Netw.*, 14 : 309–319, June 2008.

- [16] O. Kasten. Energy consumption, 2001.
- [17] W. Liang. Constructing minimum-energy broadcast trees in wireless ad hoc networks. In Proceedings of the 3rd ACM international symposium on Mobile ad hoc networking & computing, pages 112–122. ACM, 2002.
- [18] Francisco Javier Ovalle-Martínez, Amiya Nayak, Ivan Stojmenovic, Jean Carle, and David Simplot-Ryl. Area-based beaconless reliable broadcasting in sensor networks. IJSNet, 1(1/2) :20–33, 2006.
- [19] R.C. Prim. Shortest connection networks and some generalizations. Bell system technical journal, 36(6) :1389–1401, 1957.

44

- [20] R. C. Shah and J. M. Rabaey. Energy aware routing for low energy ad hoc sensor networks. Energy aware routing for low energy ad hoc sensor networks, 1 :350–355, 2002.

- [21] I. Stojmenovic and J. Wu. Broadcasting and activity scheduling in ad hoc networks. *Mobile Ad Hoc Networking*, pages 205–229, 2004.
- [22] Jeffrey E. Wieselthier, Gam D. Nguyen, and Anthony Ephremides. On the Construction of Energy- Efficient Broadcast and Multicast Trees in Wireless Networks. In *INFOCOM*, pages 585–594, 2000.
- [23] J. Wu and W. Lou. Forward-node-set-based broadcast in clustered mobile ad hoc networks. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 3(2) : 155–173, 2003.