

# A Hybrid Routing Protocol based on Fuzzy C-Means Clustering and Ant Colony Optimization for Lifetime Improvement in WSN

Mourad Hadjila

Hervé Guyennet

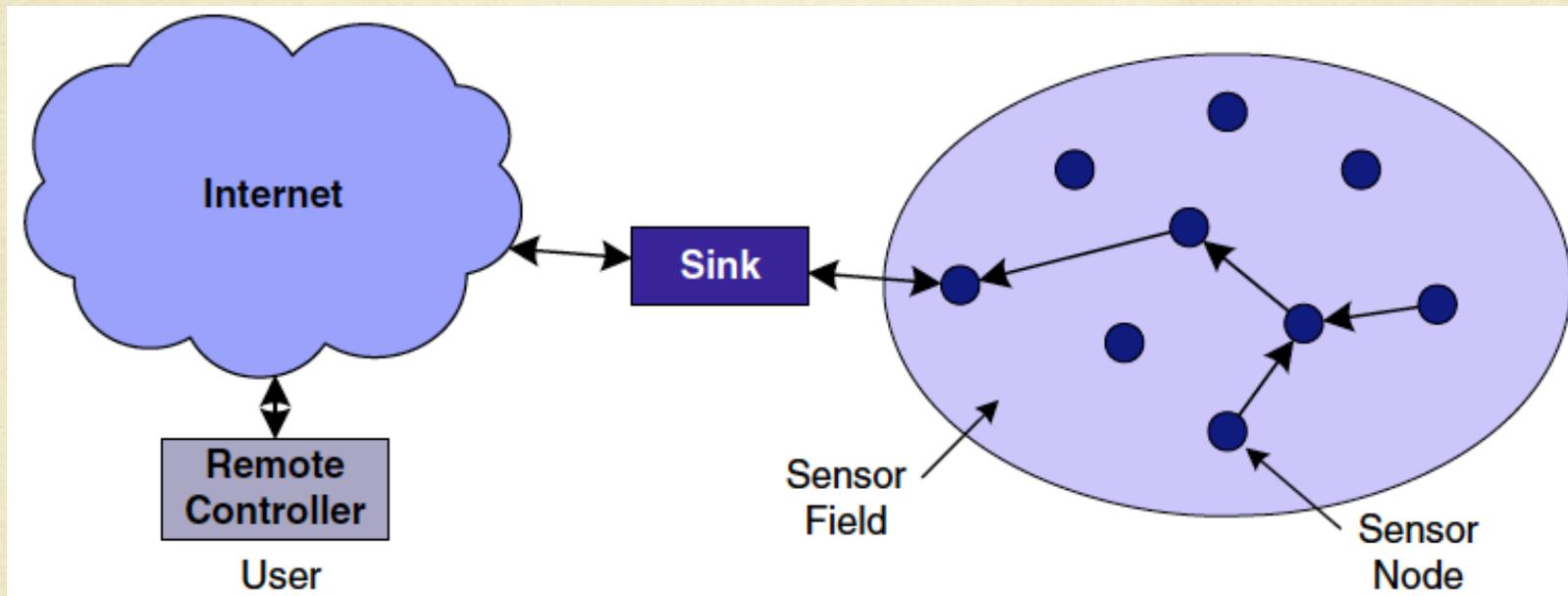
# Plan de l'exposé

- Introduction
- Principe de fonctionnement de l'approche proposée
  - ✓ Clustering par FCM
  - ✓ Formation des chaînes par ACO
  - ✓ Routage des données
- Présentation des résultats
- Conclusion

# Introduction

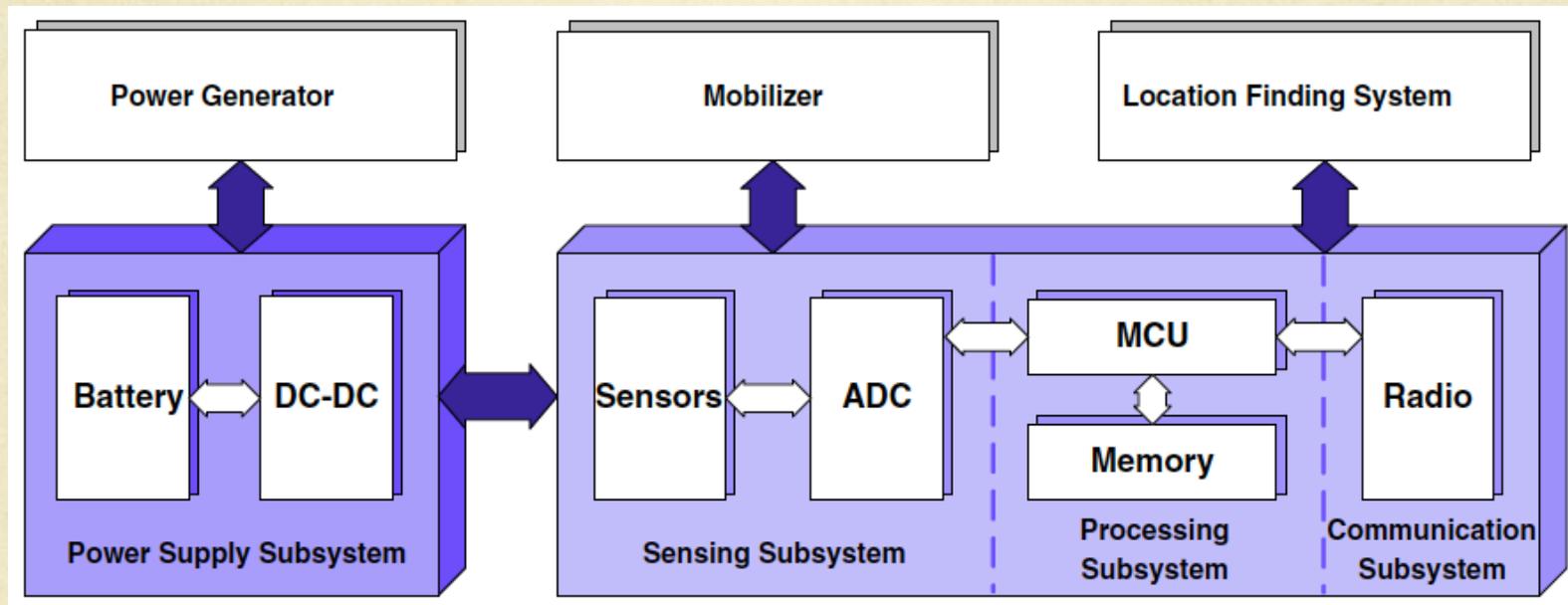
- Pour parfaire les connaissances de notre environnement et récolter un maximum de données scientifiques au plus près du terrain, il est possible de s'appuyer sur un grand nombre de capteurs.
- Ces capteurs sont organisés et reliés en réseau, composés de plusieurs dizaines voire plusieurs centaines d'entités capables de prélever des données sur leur environnement.
- Ces réseaux peuvent récolter des données de température, de luminosité, de vitesse, d'accélération, de taux d'humidité, d'ondes sismiques, etc.

# Introduction -suite



Architecture d'un réseau de capteur sans fil

# Introduction -suite



Architecture d'un nœud capteur

# Introduction -suite

- Ces nœuds capteurs sont très contraints en termes d'énergie, de mémoire et de capacité de calcul.
- Plusieurs travaux se concentrent à la conservation d'énergie dans les RCSFs.
- Puisque la tâche de communication consomme la plus grande partie d'énergie, le clustering est introduit dans les RCSFs parce qu'il a prouvé son efficacité en évitant les longues transmissions.
- D'autres solutions procèdent à la formation des chaînes à la place des clusters.

Notre approche = cluster-based + chain-based



Fuzzy C-Means  
Clustering



Ant Colony  
Optimization

# Clustering par FCM

Fuzzy C-Means est basée sur la minimisation de la fonction objectif suivante :

$$J_m = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^N \mu_{ij}^m d_{ij}^2$$

Où

- $m$  est un nombre réel  $> 1$
- $\mu_{ij}$  est le degré d'appartenance du nœud  $j$  au cluster  $i$
- $c$  est le nombre de clusters
- $N$  est le nombre de nœuds
- $d_{ij}$  est distance Euclidienne entre le nœud  $j$  et le centre du cluster  $i$

# Clustering par FCM -suite

The algorithm is composed of the following steps:

1. Fix an arbitrary membership matrix.
2. Compute the centers of the clusters using the following equation:

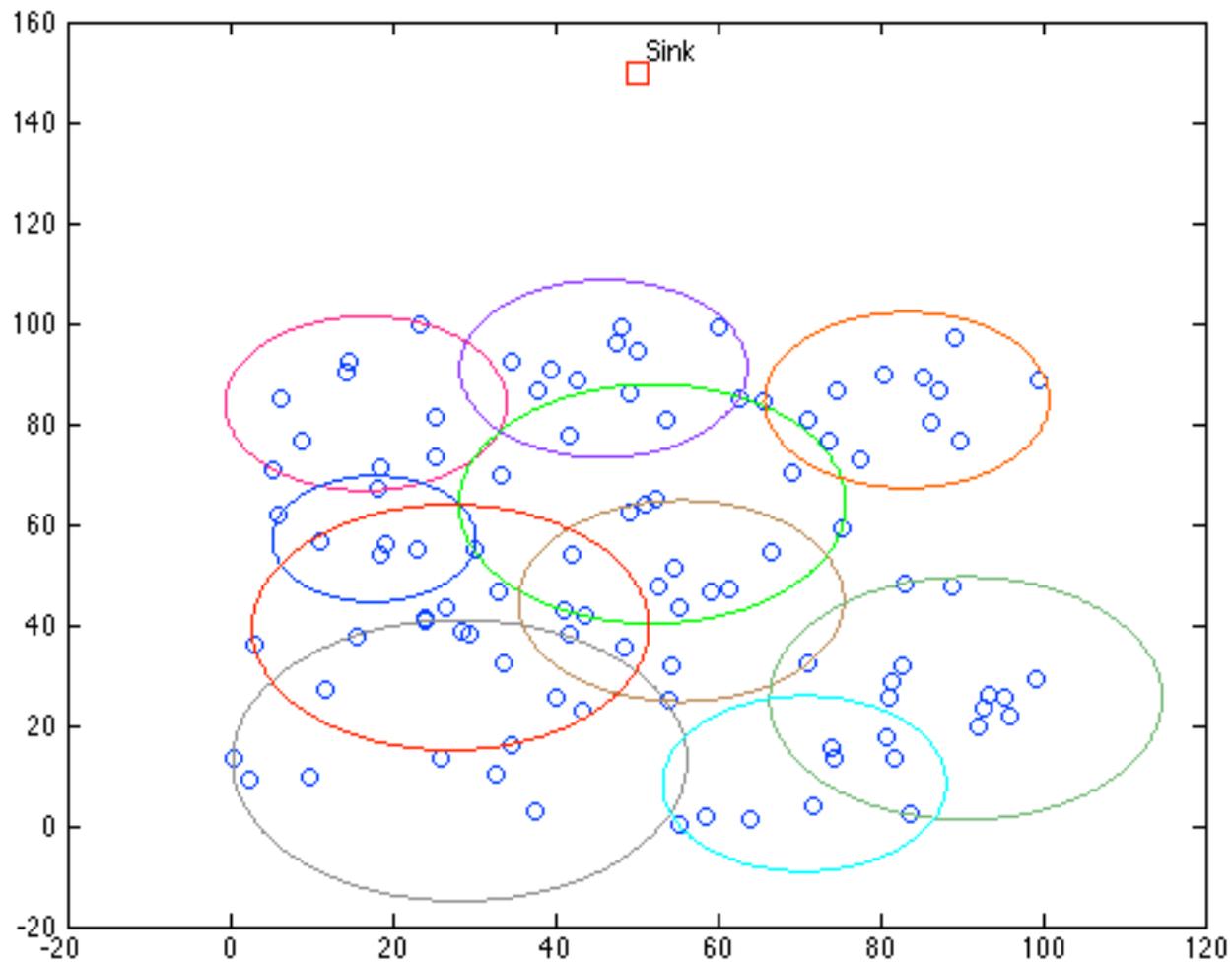
$$z_j = \frac{\sum_{i=1}^N \mu_{ij}^m o_i}{\sum_{i=1}^N \mu_{ij}^m} \quad (2)$$

3. The readjustment of the membership matrix according to the position of the centers is done according to the equation below:

$$\mu_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left( \frac{d_{ij}}{d_{kj}} \right)^{2/(m-1)}} \quad (3)$$

4. Computes the minimization and return to step 2 if there is no convergence criterion.

# Clustering par FCM -suite



# Optimization par colonies de fourmis (ACO)

- Une métaheuristique est un algorithme d'optimisation visant à résoudre des problèmes d'optimisation difficiles
- Les métaheuristicques sont généralement des algorithmes stochastiques itératifs, qui progressent vers un optimum global.
- Les métaheuristicques sont des stratégies qui permettent de guider la recherche d'une solution optimale.
- Capacités d'auto-organisation
- Basés sur une division des tâches

# Principe de l'optimisation par colonies de fourmis

- Construire des chaînes locales dans chaque cluster par ACO
- On suit la même idée que le TSP à la seule différence qu'on élimine la plus longue distance reliant 2 nœuds consécutifs afin d'obtenir une chaîne ouverte.
- Initialement, chaque fourmi est aléatoirement placée sur un nœud.
- Durant la construction d'une solution faisable, les fourmis sélectionnent le nœud suivant à visiter selon une règle de décision probabiliste.
- Quand un nœud  $k$  se trouve sur le nœud  $i$  et construit une solution partielle, la probabilité de déplacer vers le prochain nœud voisin du nœud  $i$  est donnée par :

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}(t)^\alpha \cdot \eta_{ij}^\beta}{\sum_{l \in J_i^k} \tau_{il}(t)^\alpha \cdot \eta_{il}^\beta} & \text{if } j \in J_i^k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

# Principe de l'optimisation par colonies de fourmis - suite

Once the tour nodes performed, an ant  $k$  deposits a quantity of pheromone  $\Delta\tau_{ij}^k$  on each edge of the course:

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L^k(t)} & \text{if } (i,j) \in T^k(t) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

Where  $T^k(t)$  is the tour done by ant  $k$  at iteration  $t$ ,  $L^k(t)$  the length of the path and a  $Q$  parameter setting.

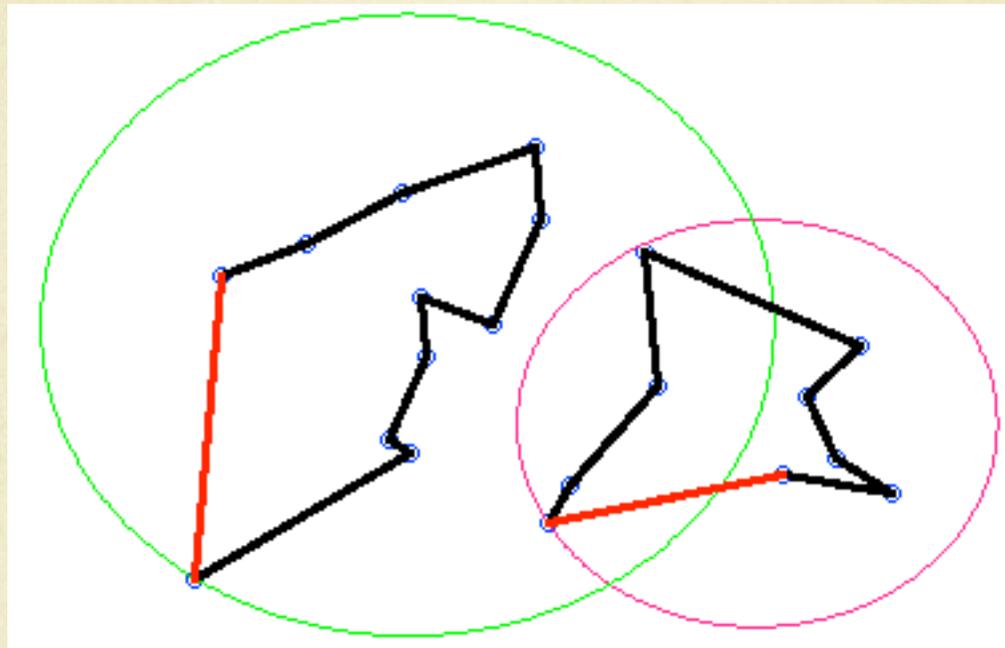
At the end of each iteration of the algorithm, the pheromone deposited at previous iterations by ants evaporate from:

$$\rho\Delta\tau_{ij}^k \quad (6)$$

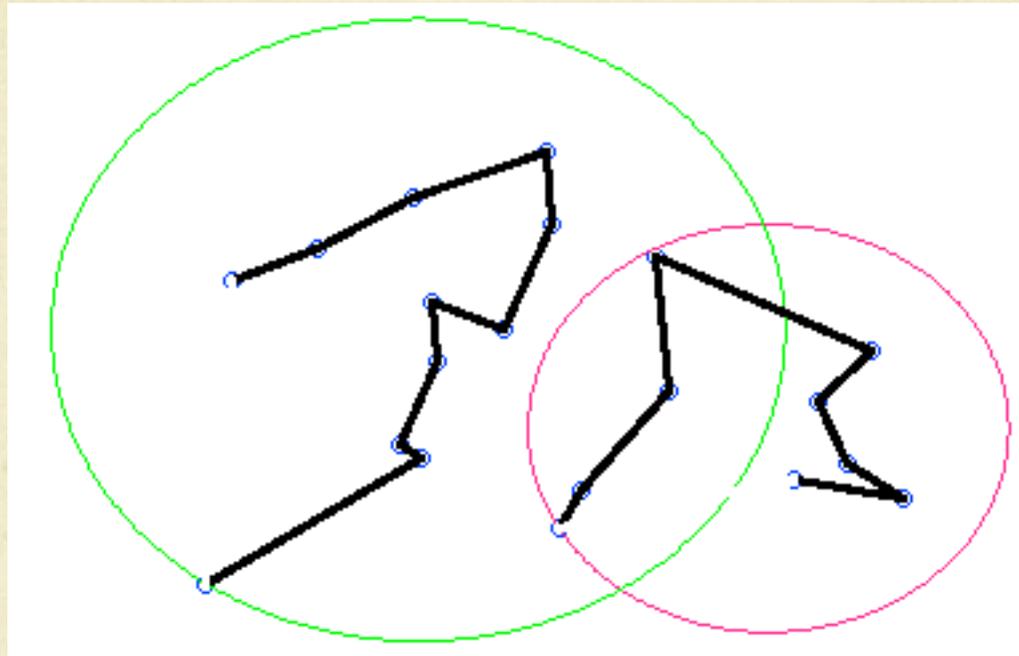
And at the end of the iteration, we have the sum of pheromones that have not evaporated and those who have just been laid.

$$\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t) \quad (7)$$

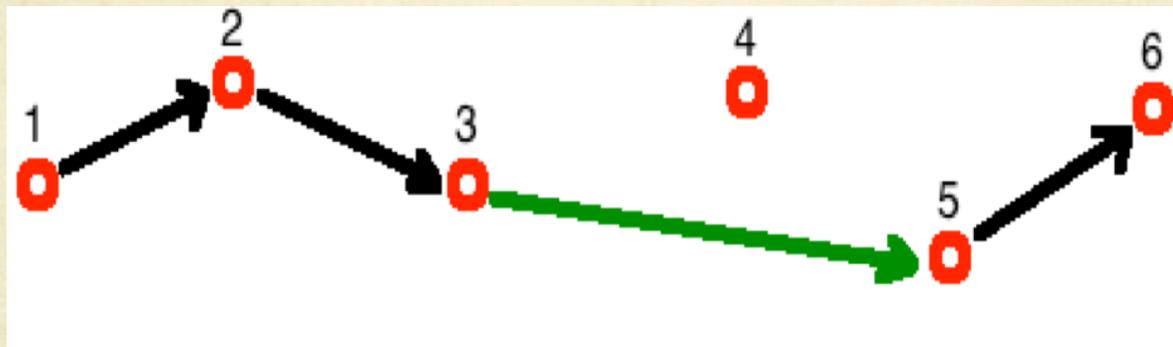
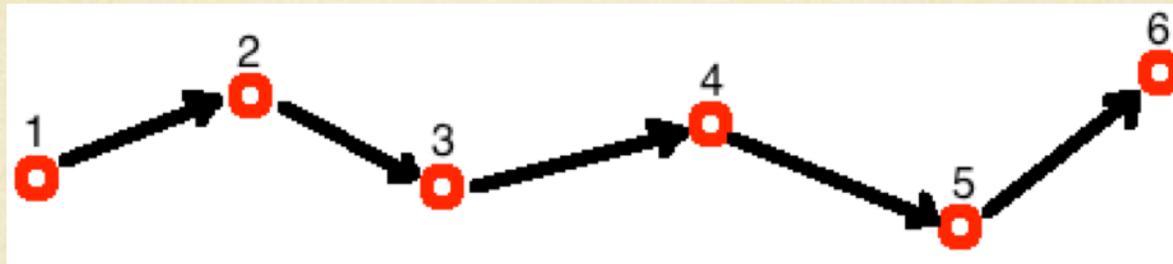
# Formation des chaînes fermées



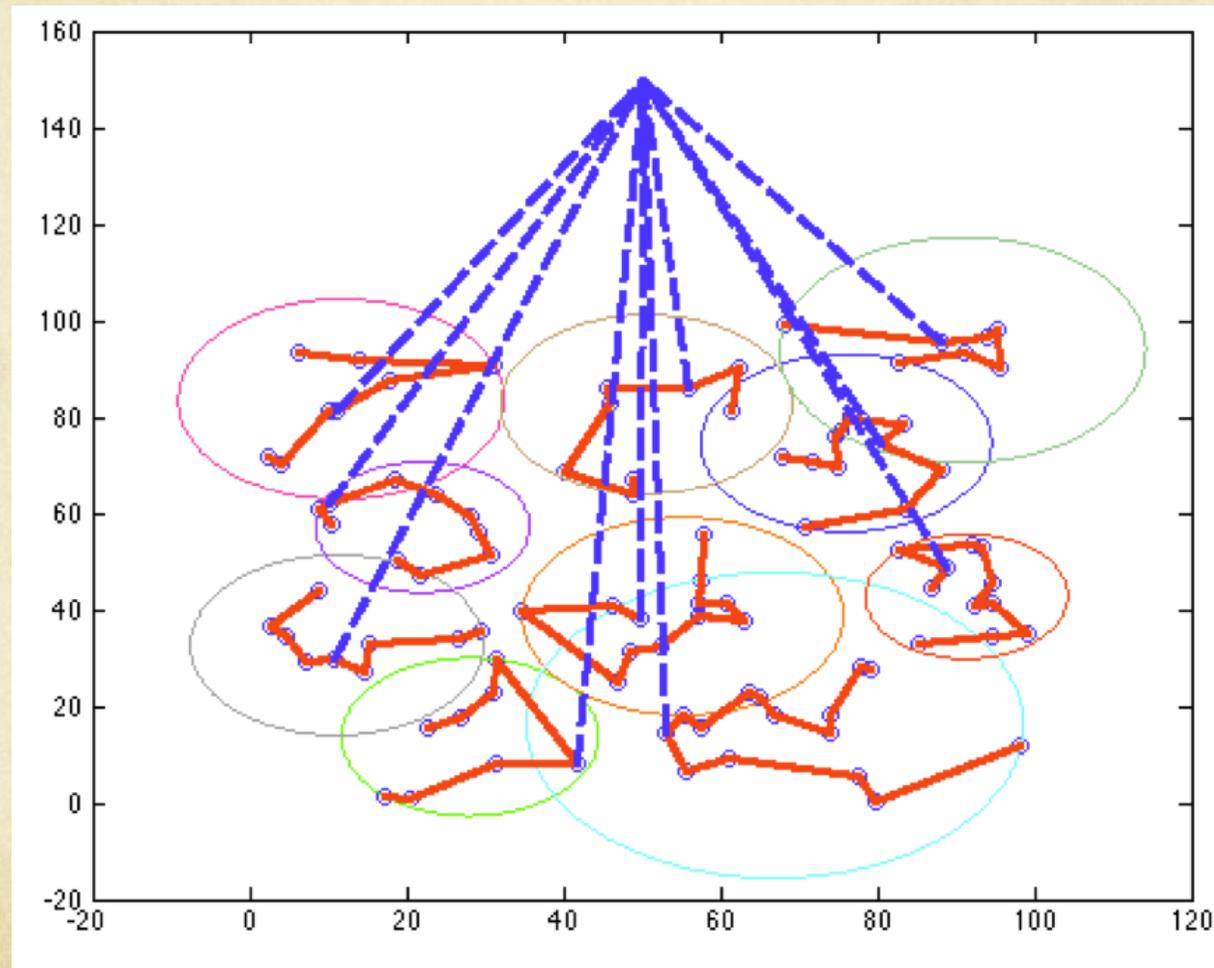
# Formation des chaînes ouvertes



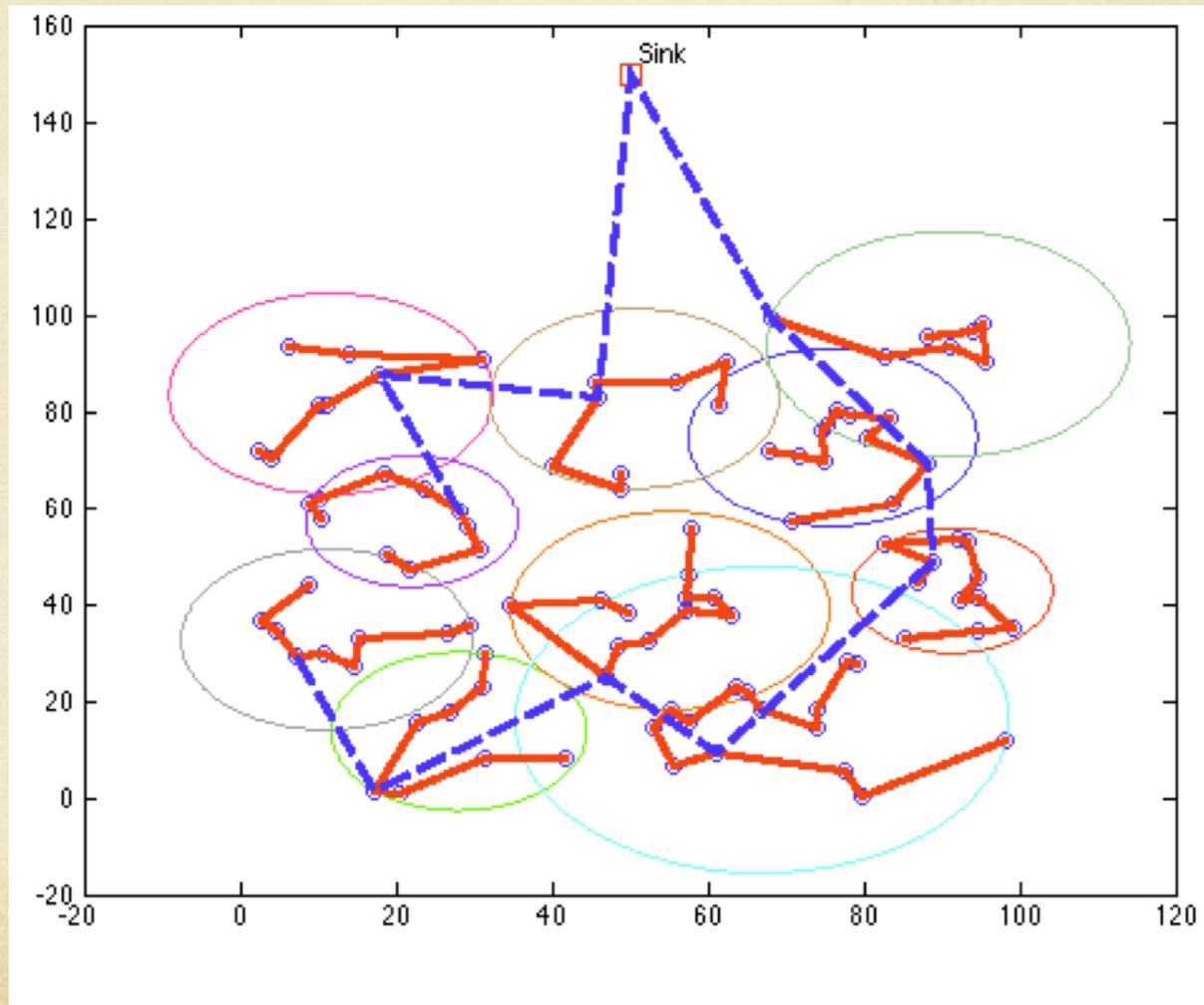
# Mis à jour des chaines



# Principe de la première solution



# Principe de la seconde solution



# Modèle radio

$$E_{TX}(l, d) = \begin{cases} l.E_{elec} + l.E_{fs}.d^2 & \text{si } d \leq d_0 \\ l.E_{elec} + l.E_{mp}.d^4 & \text{si } d > d_0 \end{cases}$$

$$d_0 = \sqrt{\frac{E_{fs}}{E_{mp}}}$$

Où

$E_{elec}$  est la quantité d'énergie consommée par bit pour fonctionner l'émetteur ou le récepteur

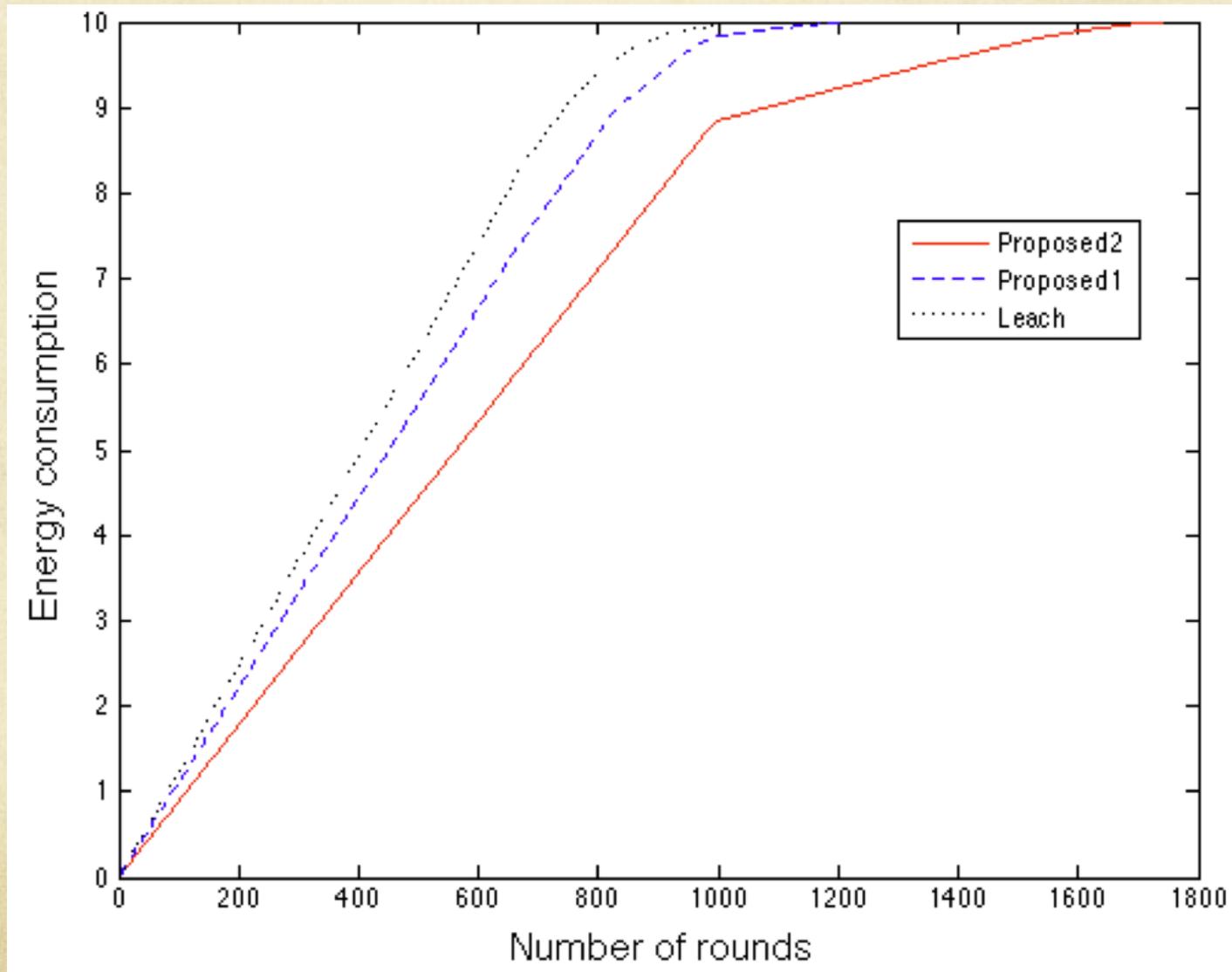
$E_{fs}$  et  $E_{mp}$  sont respectivement l'énergie dans l'espace libre et dans un modèle multi-path

$E_{RX} = l.E_{elec}$  est la quantité d'énergie consommée pour recevoir un paquet de  $l$  bits

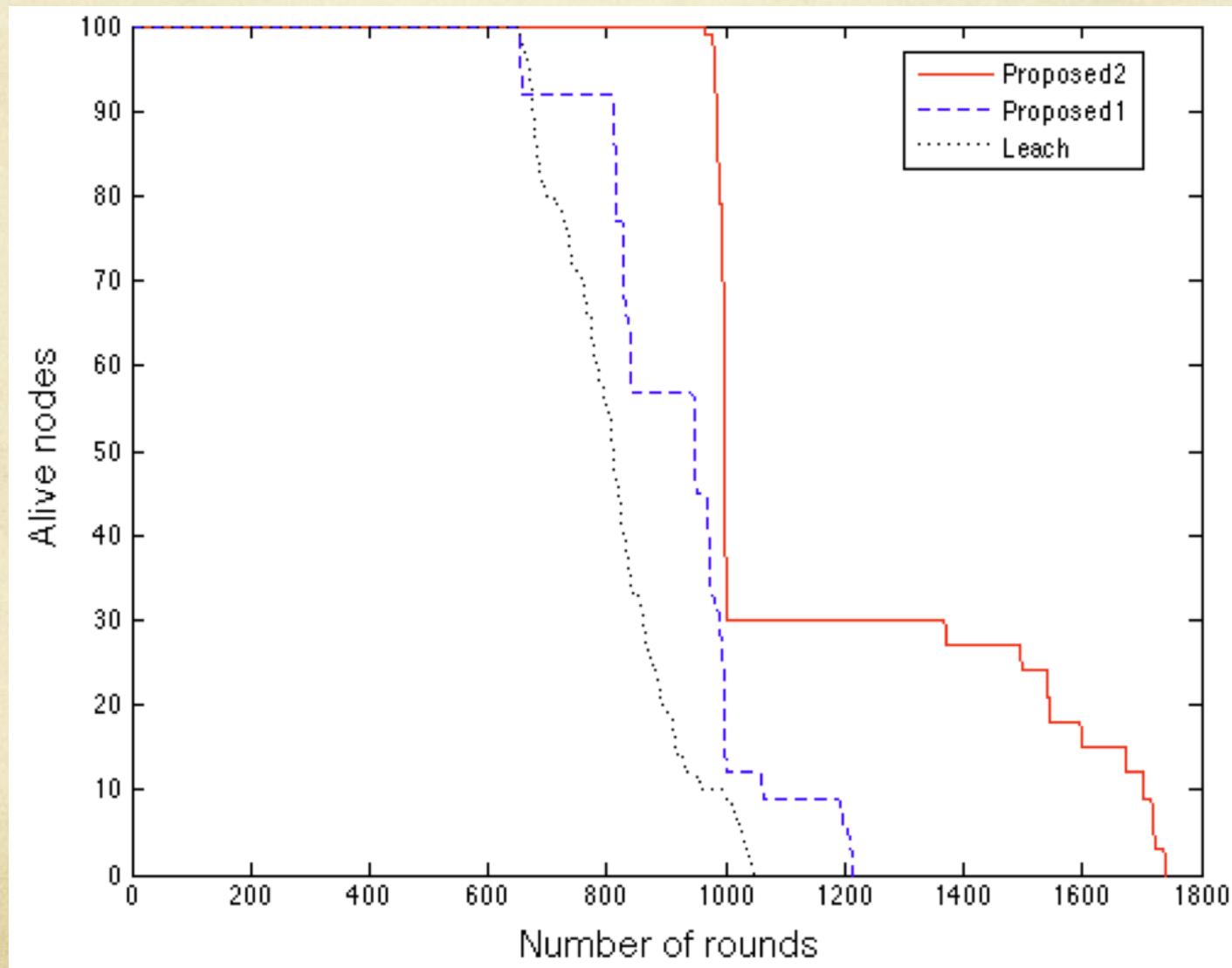
# Paramètres de simulation

Parameters	Values
Network size	(100 x 100) m <sup>2</sup>
Number of nodes	100
BS location	(50,150)m
Initial energy	0.1 J
Data packet size	1000 bits
$E_{elec}$	$50 \times 10^{-9}$
$E_{fs}$	$10^{-11}$
$E_{mp}$	$1.3 \times 10^{-15}$
$E_{RX}$	$E_{elec} * 1$
$E_{DA}$	$5 \times 10^{-9}$

# Résultats de simulation



# Résultats de simulation - suite



# Conclusion

- 2 algorithmes ont été proposés pour remédier au problème de consommation d'énergie dans les RCSFs, en combinant l'approche basée sur le clustering et celle basée sur la formation des chaînes.
- Le clustering est effectué par l'algorithme FCM.
- La création des chaînes est faite par l'algorithme d'optimisation par colonies de fourmis.
- Le routage des données suit une chaîne globale formée à partir des nœuds leader.
- Les solutions proposées ont prouvées leurs suprématies en les comparant au protocole LEACH.

Merci  
Questions