



# Sélection des brokers dans un réseau de capteurs en mode publication / souscription

Claude Chaudet  
Nicola Costagliola  
Isabelle Demeure  
Salma Ktari  
Samuel Tardieu





# Quel réseau de capteurs ?

## ● Réseau sans-fil multisaut

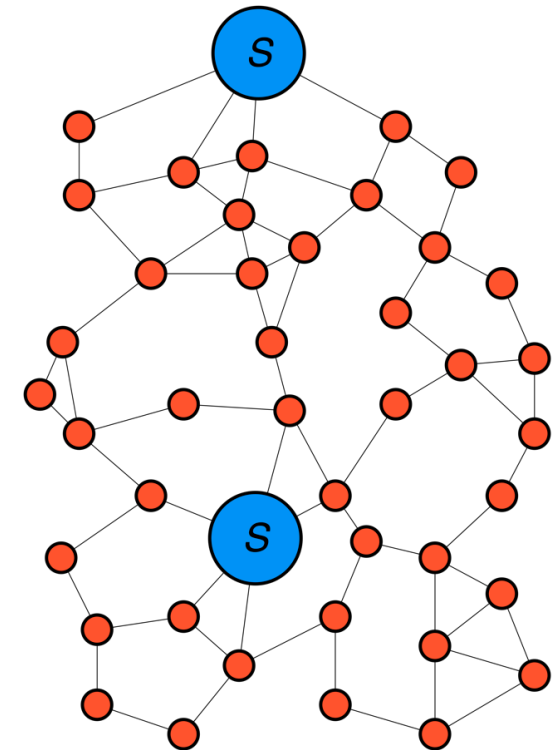
- Accès aléatoire à un médium *broadcast*
- Nombreux terminaux
- Auto-organisation

## ● Nœuds de faible capacité

- Calcul, stockage, communication
- Réserve d'énergie limitée (batteries / recharge peu fréquente)

## ● Traffic convergeant

- Peu de destinations globales (Centre de contrôle, agent mobile)
- Multiples émetteurs (capteurs)
- Routage arborescent (arbre ou DAG) => Type RPL, CTP, ..



# Publication / souscription : expression du problème

## ● Mode de communication dérivé du mode *message queue*

- Les producteurs d'information (ex: capteurs) sont appelés **Publiants**
- Les consommateurs d'information (ex: centre de contrôle, noeuds d'agrégation, ...) sont appelés **Souscripteurs**

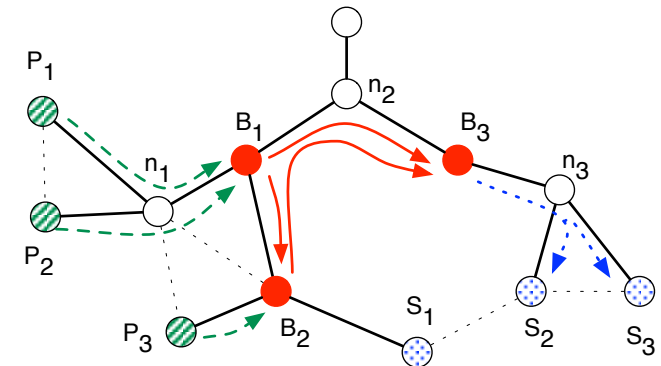
## ● Les publiants & souscripteurs ne communiquent pas directement

### ● Passage par une entité intermédiaire: un **broker**

- Les publiants envoient leurs données avec un descripteur au(x) broker(s) (**annonces**)
- Les souscripteurs expriment leur intérêt pour un type de donnée au(x) broker(s) (**souscription**)
- Le(s) broker(s) réalisent la correspondance

### ● Potentiellement plusieurs brokers, organisés en un *overlay*

- **Combien de brokers doit-on déployer pour minimiser le délai / l'énergie / ...**
- **Doivent-ils être proches des publiants ? Des souscripteurs ? Au centre ?**

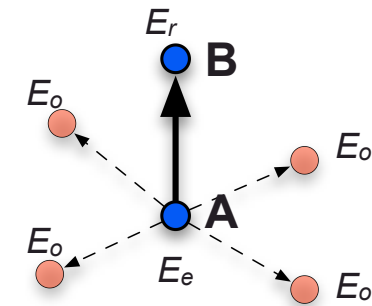




# Critères de performance

## ● Consommation énergétique

- Compter le nombre de trames émises par chaque nœud
- En déduire le nombre de trames reçues / collatérales
  - Énergie d'émission ( $E_r$ )  $\approx$  Énergie de réception ( $E_e$ )
  - réception collatérale  $\Rightarrow$  n'examiner que l'en-tête ( $E_o$ )



## ● Charge maximale tolérée par le réseau

- Intensité de trafic individuelle maximale conservant le système stable

## ● Mémoire nécessaire au routage

- Taille des files d'attente mobilisées pour le routage

## ● Temps d'acheminement d'une publication

- Dépend essentiellement du temps passé dans les files



## Stratégies comparées / envisagées

### ● Ensemble dominant

- Sous-graphe qui fournit une bonne couverture, utilisé pour le *clustering*

### ● Mesures de centralité (les $n$ meilleurs nœuds)

- **Centralité d'intermédiarité (*betweenness*)**: proportion de plus-court chemins sur lesquels un nœud se trouve. Assez bonne approximation locale (centralité égocentrique)
- **Degré**: un nœud avec un degré élevé a une bonne chance d'être proche des publiants ou souscripteurs. Facile à obtenir.
- **Centralité de proximité (*closeness*)**: distance moyenne à tous les autres nœuds ; peut être approché en regardant les tables de routage.

### ● Autres stratégies / classements

- Coefficients de *clustering*, valeurs propres, broker unique à la racine, ...

# Méthode de comparaison de ces différents critères

## ● Génération de scénarios aléatoires:

- Topologie: graphe géométrique aléatoire
- Traffic: tirer aléatoirement les publiants, souscripteurs et leurs associations
- Chaque publiant émet selon un processus de Poisson - Intensités ( $\lambda$ ) identiques

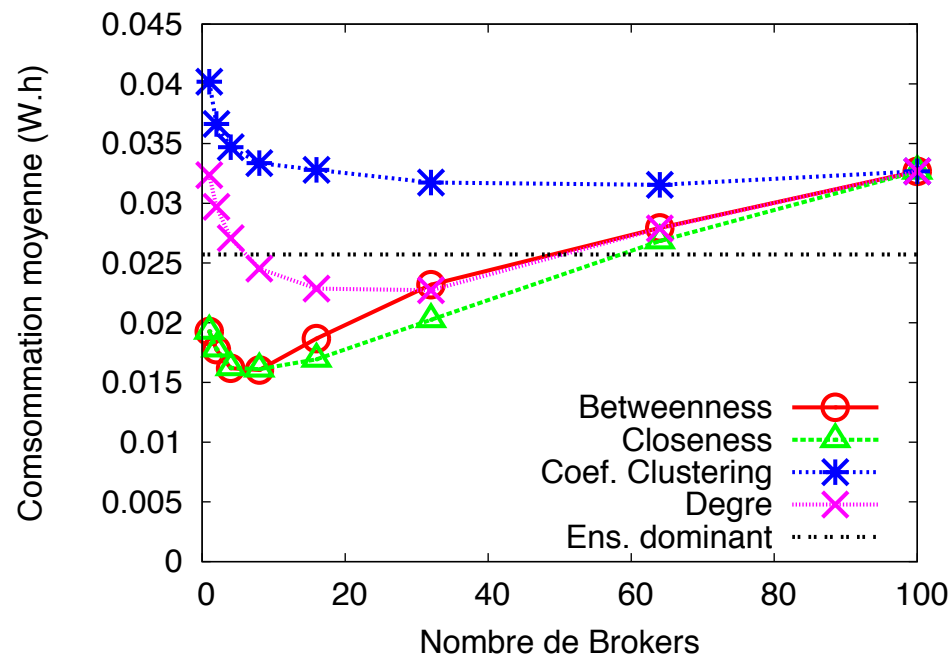
## ● Pour une stratégie de sélection donnée

- 1) Calculer les routes empruntées par chaque publication, éventuellement avec des duplications
  - Publiant  $\rightarrow$  { Broker(s)  $\rightarrow$  ...  $\rightarrow$  Broker(s) }  $\rightarrow$  Souscripteur
  - Politiques de routage: plus-court-chemins ou arborescent (RPL - storing & non-storing)
- 2) Déterminer les répliquions de paquets
  - Multicast disponible ou non ; correspondance au broker d'entrée ou de sortie, ...
- 3) En déduire la charge de chaque nœud (à partir du nombre de paquets routés par seconde)
- 4) Modèles de files M/G/1 pour calculer les métriques de performance

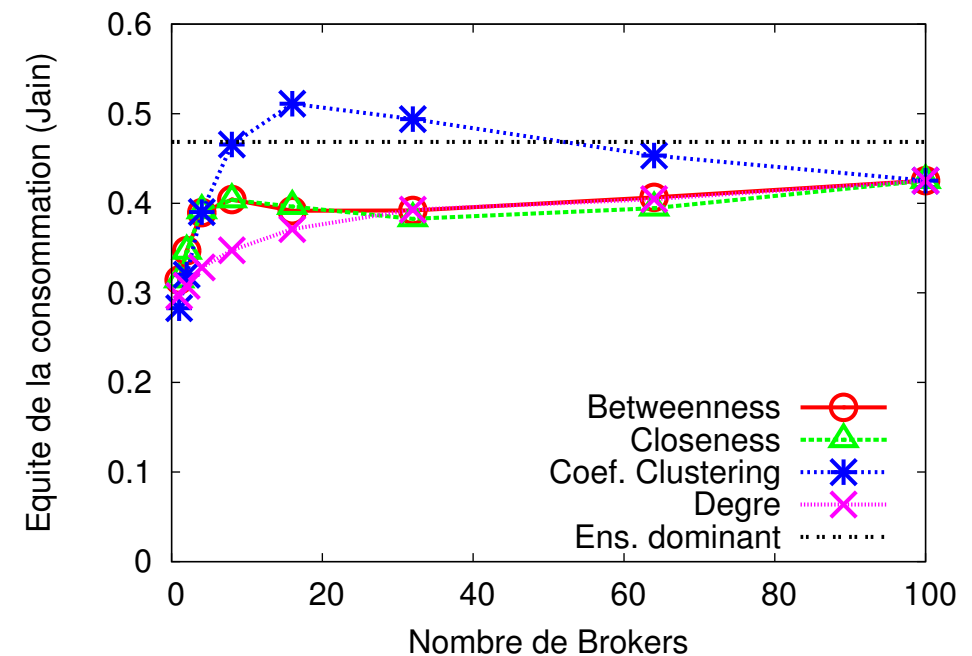
# Comparaison des consommations énergétiques

## ● Scénario:

- Réseau de 100 nœuds, 90 publiants, 20 souscripteurs, tous associés
- Routage type RPL ; Racine RPL au centre de la zone



Consommation énergétique moyenne



Equité de la consommation énergétique (Index de Jain)

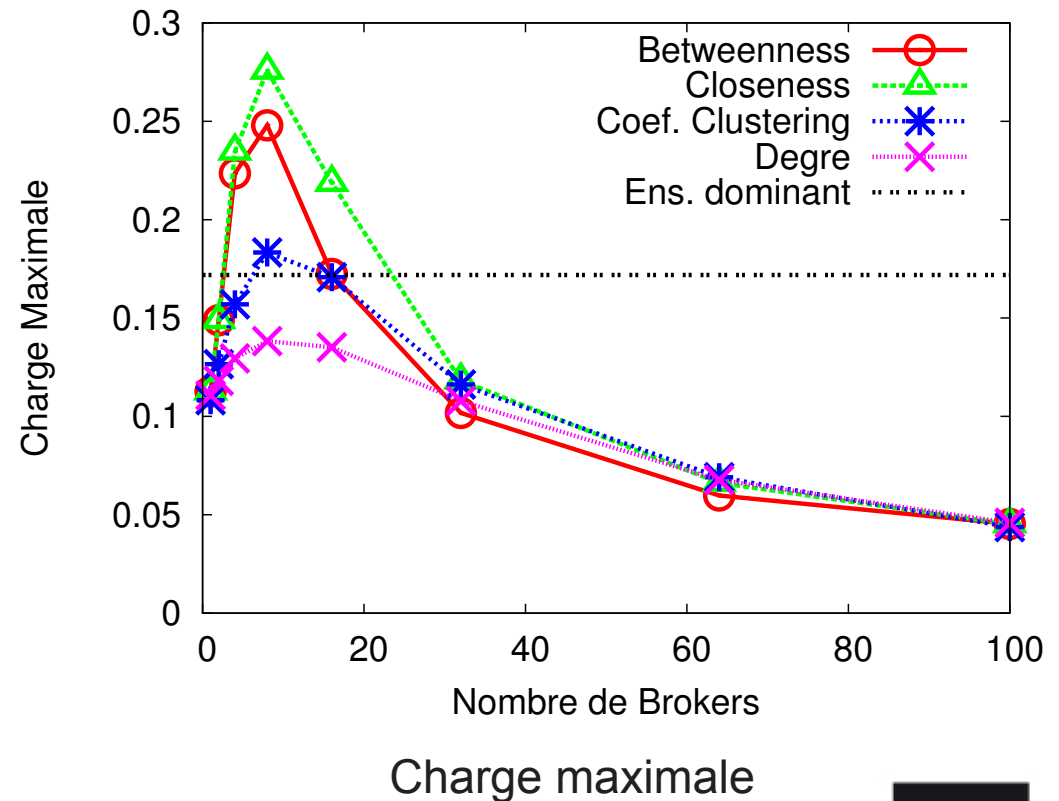
# Comparaison de la charge tolérée par le réseau

## ● Scénario:

- Réseau de 100 nœuds, 90 publiants, 10 souscripteurs, tous associés
- Routage type RPL ; Racine RPL au centre de la zone

## ● Charge maximale

- Intensité de trafic ( $\lambda$ ) individuelle maximale telle qu'aucun nœud n'est surchargé ( $\rho \leq 0,9$  ici)





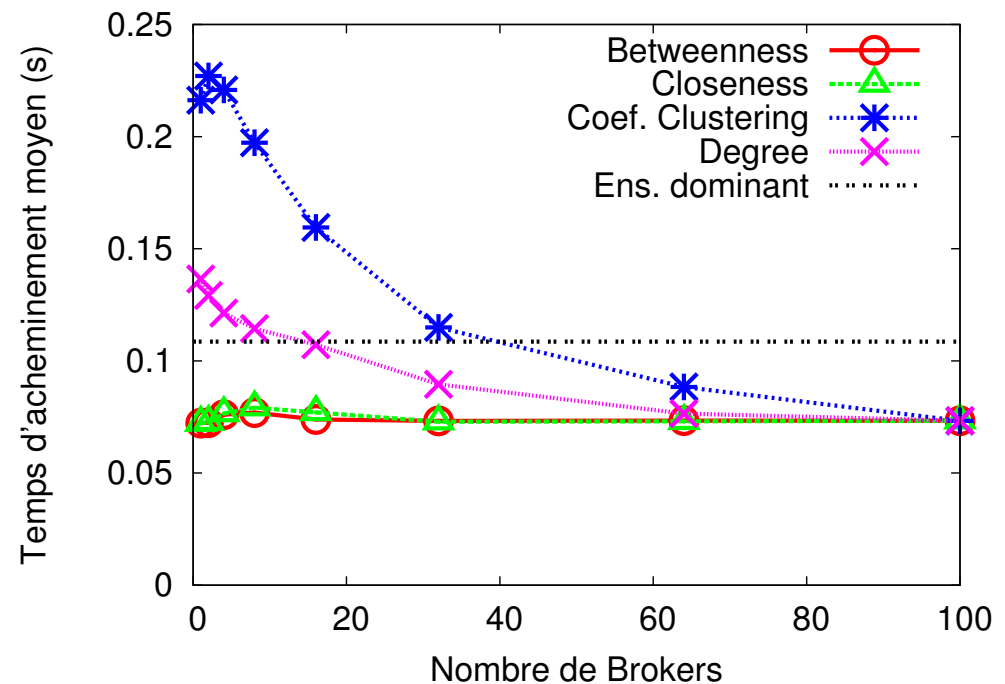
# Comparaison du temps d'acheminement d'une publication

## ● Scénario:

- Réseau de 100 nœuds, 90 publiants, 10 souscripteurs, tous associés
- Routage type RPL ; Racine RPL au centre de la zone

## ● On impose la charge maximale tolérable

- Temps avant que chaque publication émise ne soit acheminée vers tout souscripteur intéressé
- Délai d'accès au médium moyen
- Pas de mise en veille





# Conclusion

## ● Résultats actuels

- Les mesures de centralité donnent de bons résultats, au moins comparables aux autres structures
  - Approximation locale souvent possible (degré, centralité égocentrique, ...)
- La performance relative dépend du scénario
  - Nombre de souscripteurs
  - Stratégie de réplication dans l'overlay / disponibilité du multicast
- Il existe un point de fonctionnement d'efficacité maximale
  - Différent des stratégies immédiates (tous brokers; racine seule ; ...)

## ● Travaux en cours:

- Examen de scénarios non-réguliers ; mobilité
- Performance d'un algorithme de sélection distribué (ex: basé sur les algorithmes de *clustering* auto-stabilisants)
  - Simulation (Modèle Omnet++ en cours de développement) ; Expérimentation



**Merci de votre attention**

[Claude.Chaudet@telecom-paristech.fr](mailto:Claude.Chaudet@telecom-paristech.fr)

