

# Autour de la réservation de bande passante dans les réseaux ad hoc

---

Claude Chaudet  
28 septembre 2004



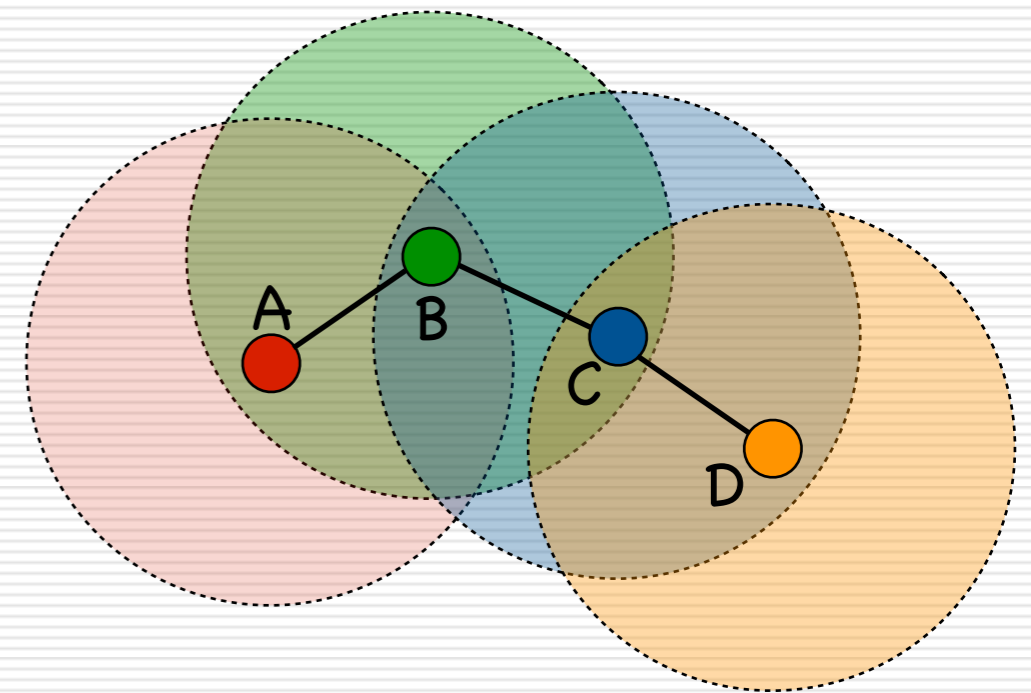
CITI / ARES



# Contexte : les réseaux ad hoc

---

- Réseaux sans fil
  - Médium radio
  
- Réseaux sans infrastructure
  - Algorithmes distribués
  
- Réseaux mobiles
  - Topologie changeante
  
- Problématiques usuelles :
  - Routage, sécurité, QoS, ...



Réseau ad hoc

- Evaluation de performances de configurations ad hoc
- Protocole de réservation de bande passante : BRuIT
- Algorithme distribué d'allocation équitable de bande passante
- Etude de la transmission de notifications de mobilité dans des réseaux hybrides

- Contexte
- BRuIT : Bandwidth Reservation under InTerferences influence
- Allocation équitable de bande passante
- Conclusion et perspectives

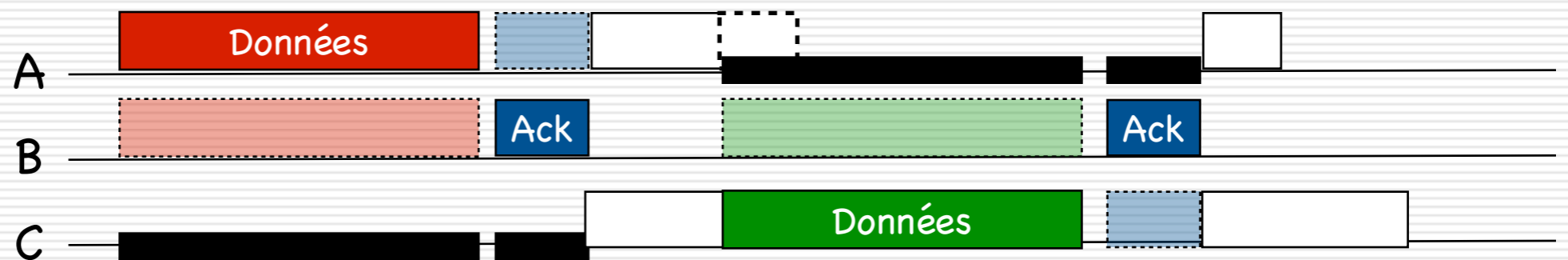
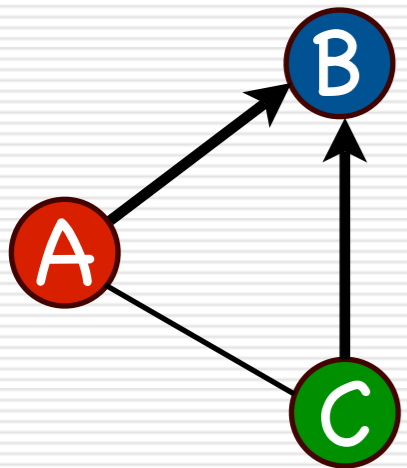
# Contexte : couches sous-jacentes

---

- Plusieurs technologies sans fil :
  - Hiperlan, Bluetooth, IEEE 802.11 (Wi-Fi)
  
- Choix : IEEE 802.11
  - Disponibilité des matériels / simulateurs / études
  - Conçu pour des réseaux avec infrastructure
  - Présence d'un mode ad hoc
  
- On se place dans le cas d'un unique canal

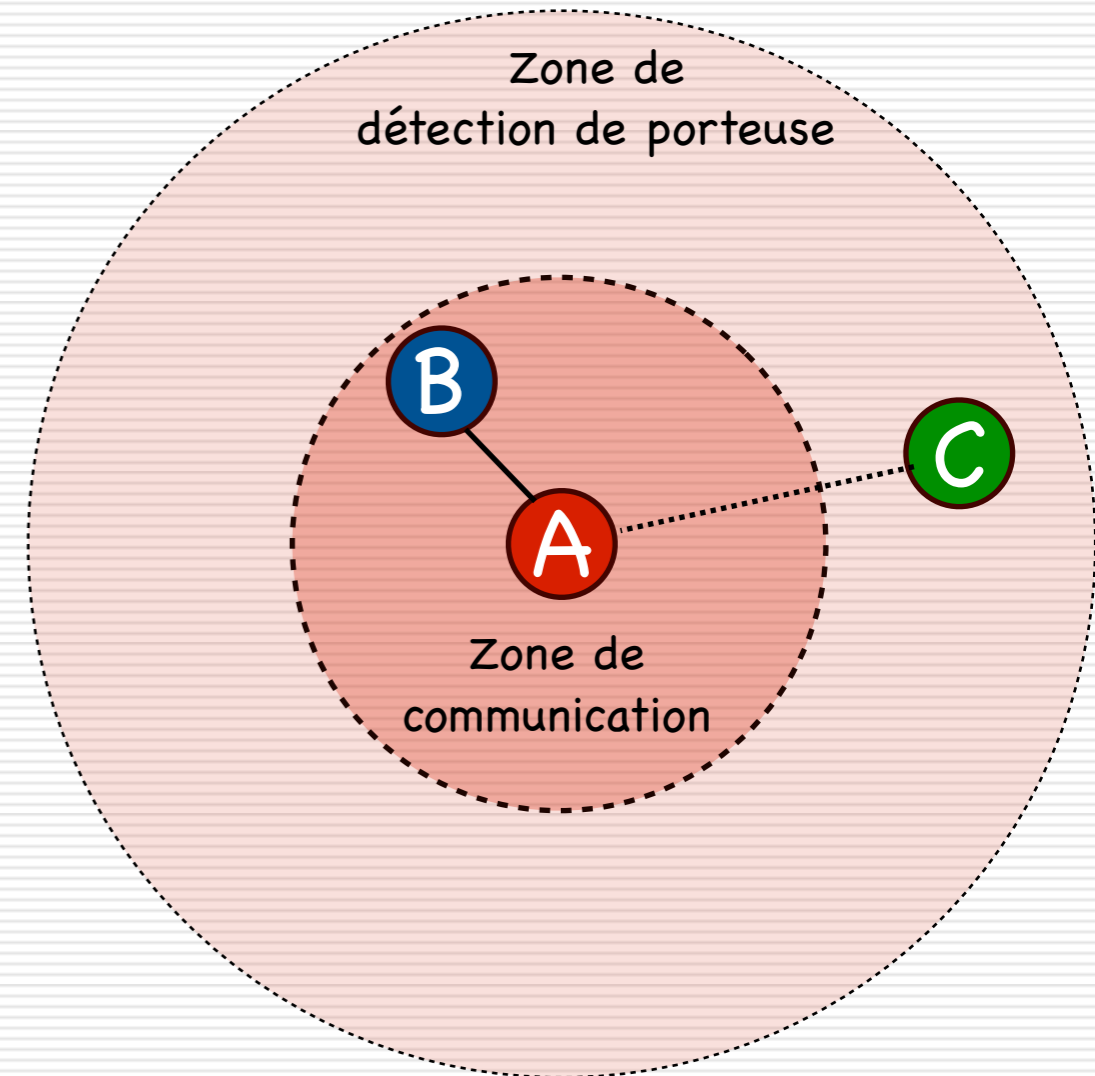
# Contexte : IEEE 802.11

- Protocole niveau physique et MAC
- CSMA/CA
  - Ecoute du canal avant transmission
  - Attente aléatoire (Backoff) avant transmission
  - Acquittements positifs



# IEEE 802.11 : Partage du médium

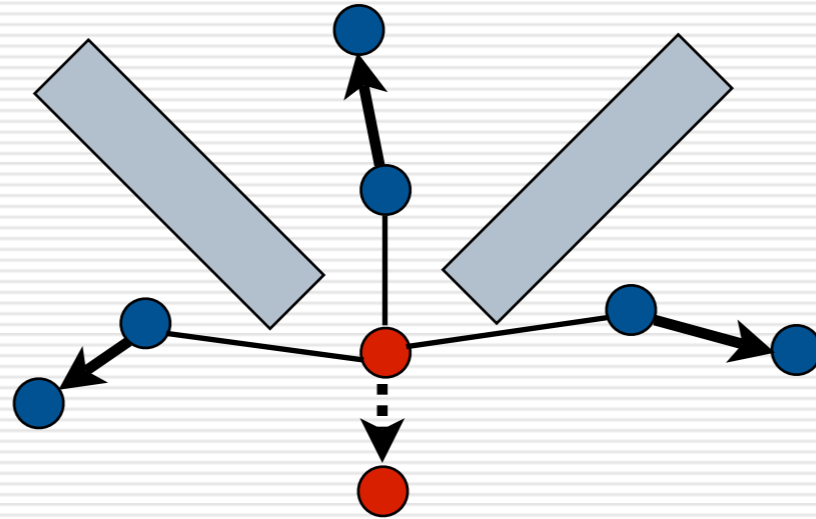
- Zone de communication
- Zone de détection de porteuse plus étendue
- Partage du médium : rayon double de la portée
- Prévisible tant que la capacité du médium est respectée



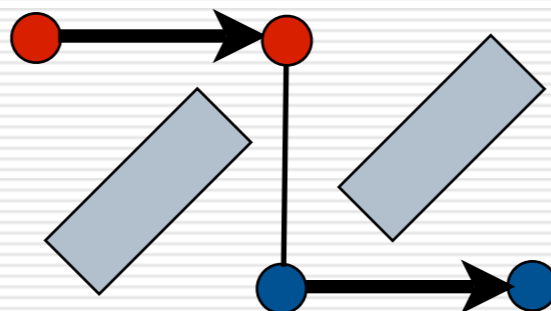
# IEEE 802.11 - Partage du médium

---

- Accès au médium impossible (Saturation)



- Accès au médium mais sans succès (collisions)

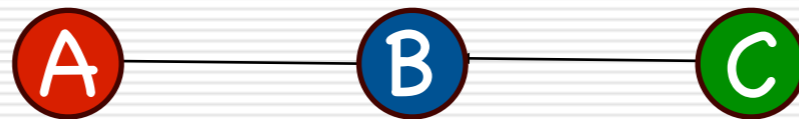




# Qualité de service et réseaux ad hoc

---

- Approches Différentiation de services (niveau MAC)
  - Priorité d'accès entre émetteurs
  - Problèmes en multi-sauts



Priorité (A) > Priorité (B) > Priorité (C)

- Problèmes au sein d'une même classe

# Qualité de service et réseaux ad hoc

---

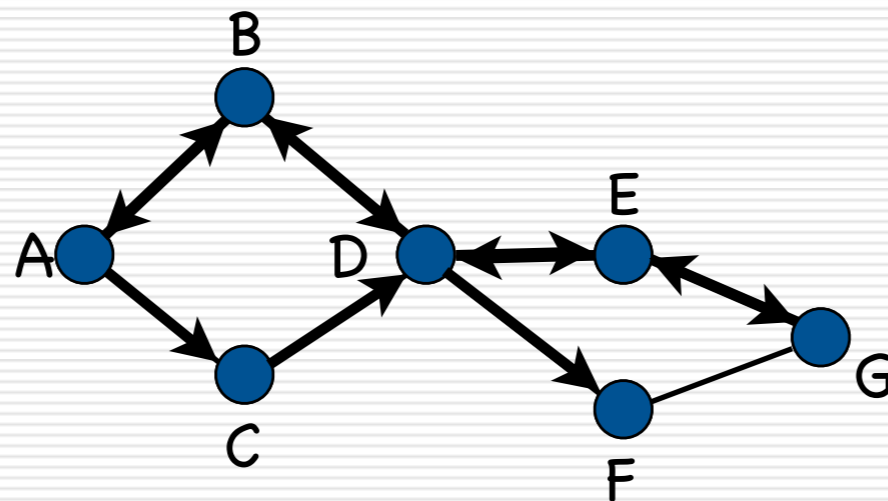
- Approche routage QoS
  - Déterminer des routes admissibles
  - Problème d'évaluation des ressources
  
- Réservation
  - Facilite l'évaluation des ressources disponibles
  - Indépendance vis à vis des couches inférieures

- Contexte
- BRuIT : Bandwidth Reservation under InTerferences influence
- Allocation équitable de bande passante
- Conclusion et perspectives

• C. Chaudet, I.Guérin Lassous — *BRuIT : Bandwidth Reservation under Interferences Influence* — European Wireless 2002

• C. Chaudet, I.Guérin Lassous — *Routage QoS et réseaux ad hoc : de l'état de lien à l'état de nœud* — Technique et Science Informatique, numéro spécial réseaux et protocoles

- Recherche de route à la demande
  - Requête relayée par inondation
  - Contrôle d'admission à chaque saut
  - Réponse emprunte le chemin inverse et réserve les ressources



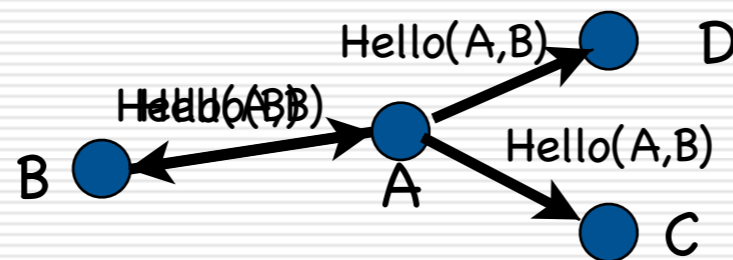
Requête émise et relayée  
contrôle d'admission en F

- Pourquoi une approche réactive ?
  - Conditions du réseau changeantes rapidement

# BRuIT : contrôle d'admission

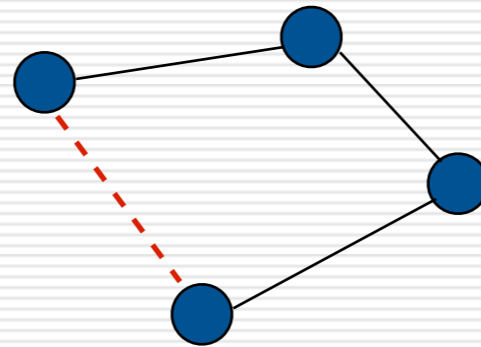
---

- Evaluation des ressources disponibles :
  - Somme des émissions dans un voisinage à deux sauts
  - Normalisation des volumes de trafic
- Transmission régulière de paquets Hello
  - Diffusion locale (voisinage direct)
  - Informations sur la topologie, les émissions et les capacités disponibles du nœud et de ses voisins

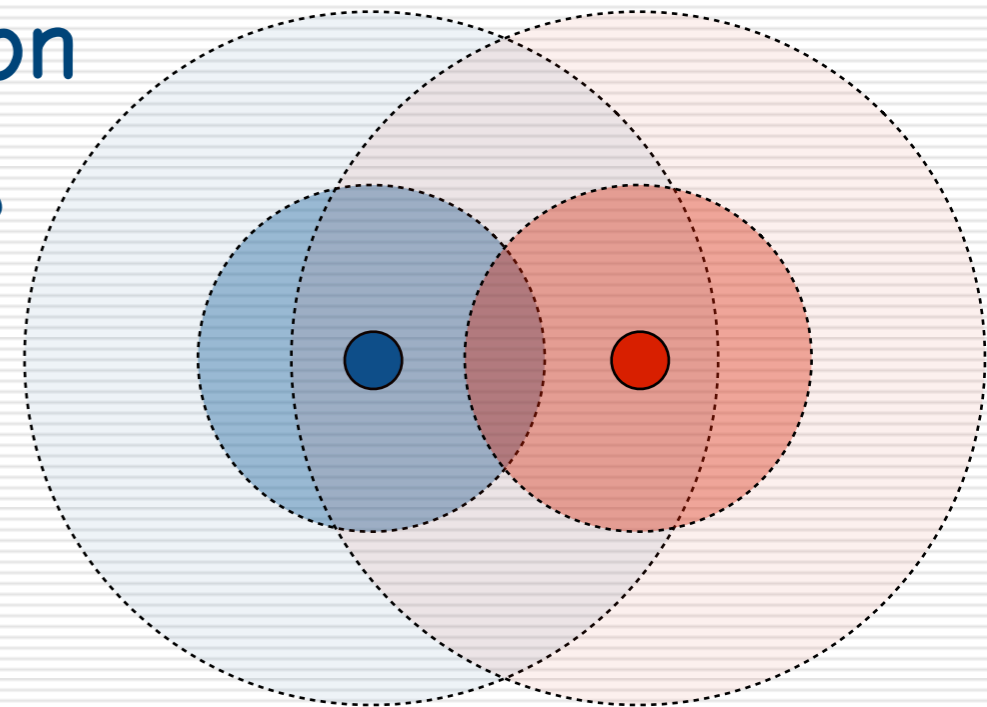


# BRuIT : pourquoi deux sauts ?

- IEEE 802.11 : partage du médium avec tout mobile dans la zone de détection de porteuse
- Deux sauts  $\neq$  double de la portée

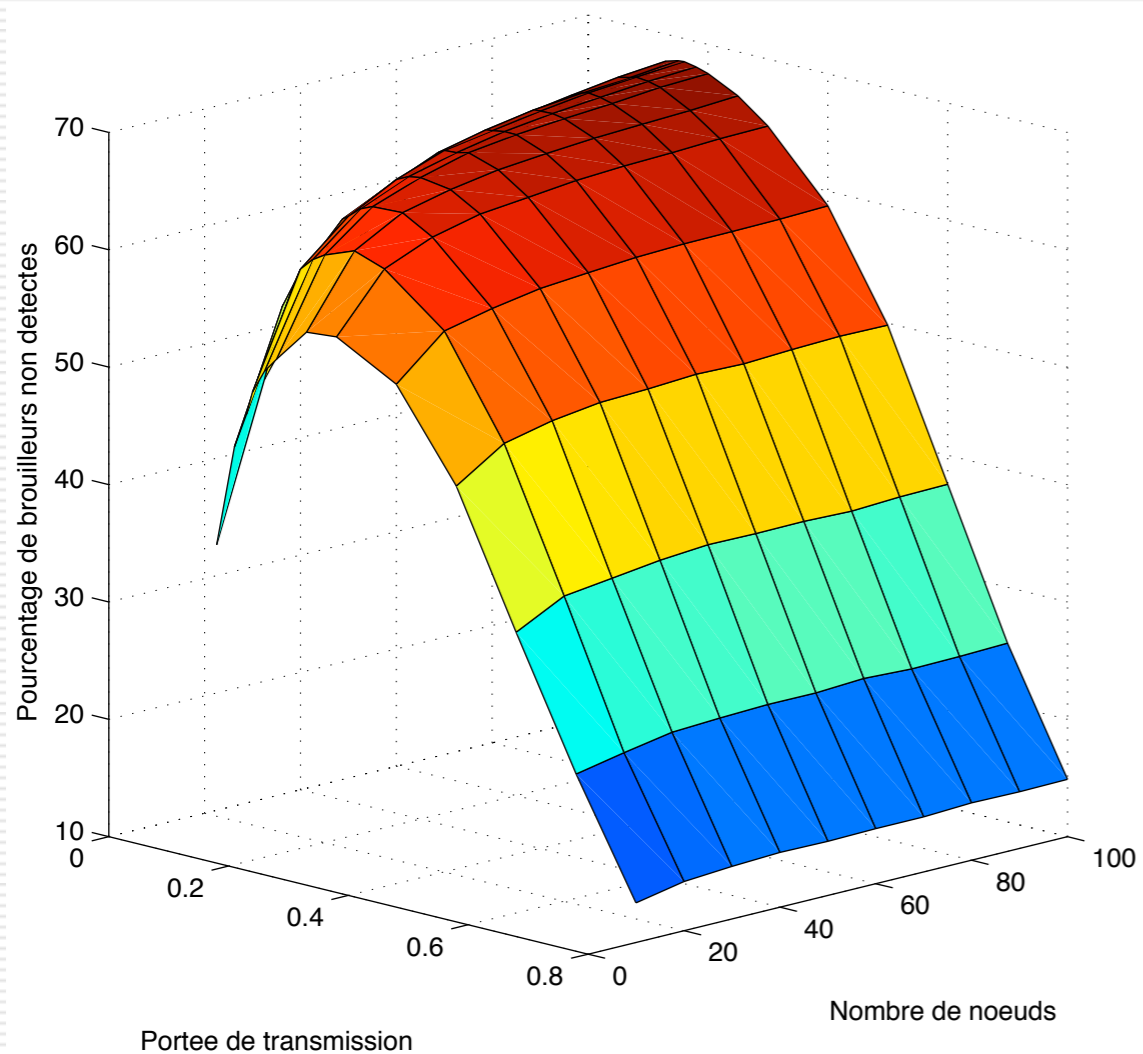


- Evaluation de l'erreur d'estimation
  - Graphes géométriques aléatoires

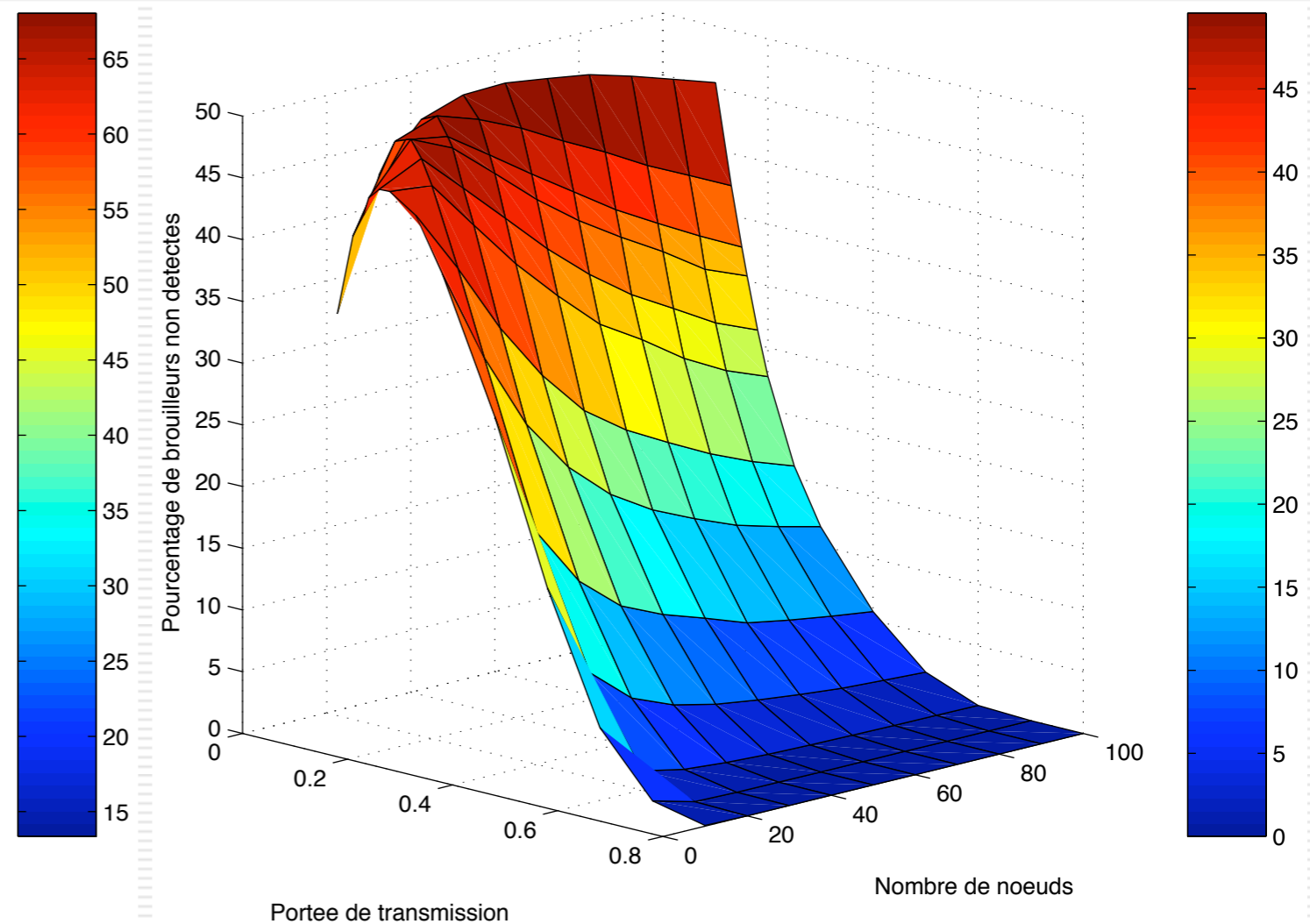


# BRuIT : pourquoi deux sauts ?

## □ Nombre de brouilleurs non détectés



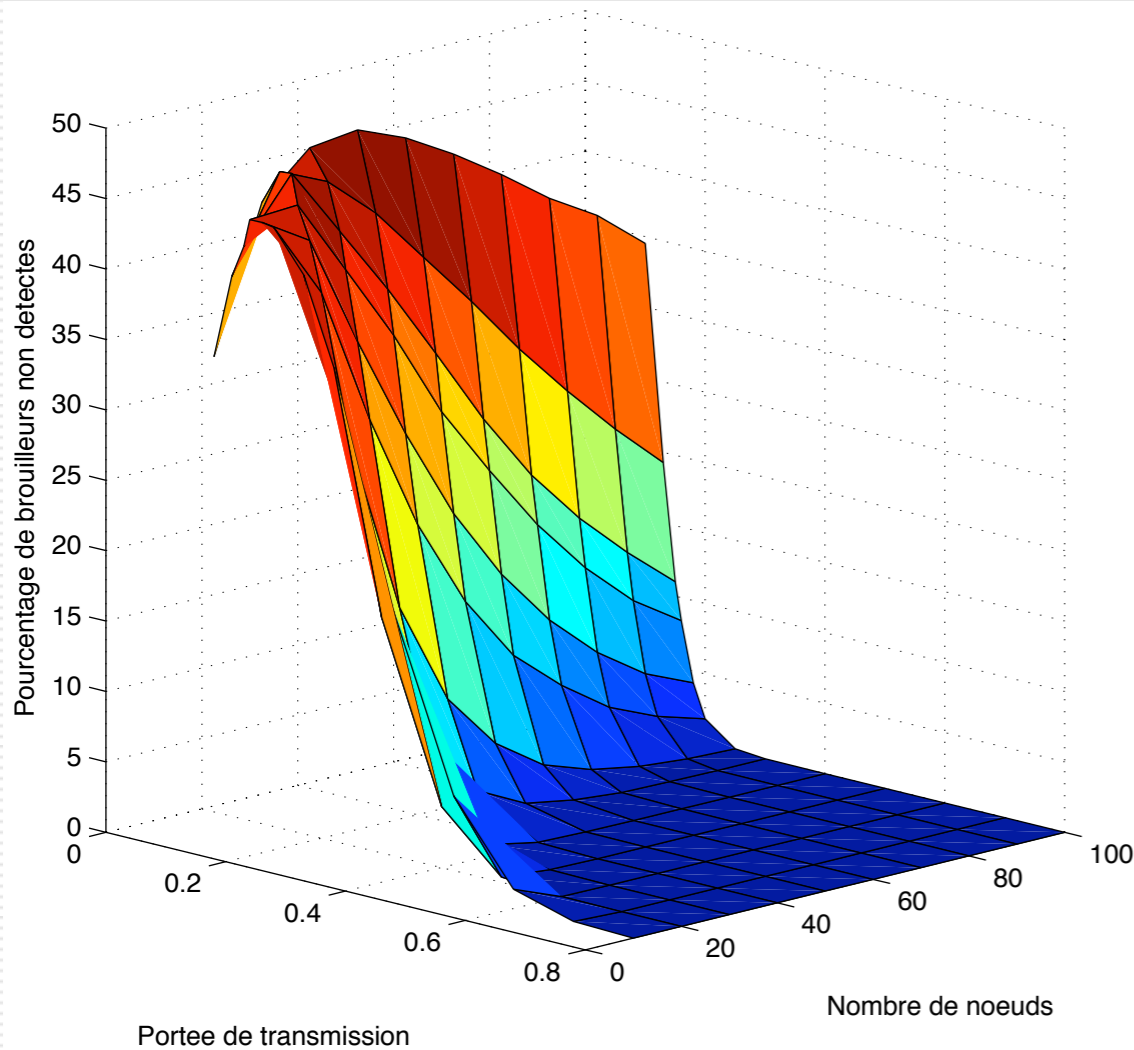
1 saut  
Max : 70 %



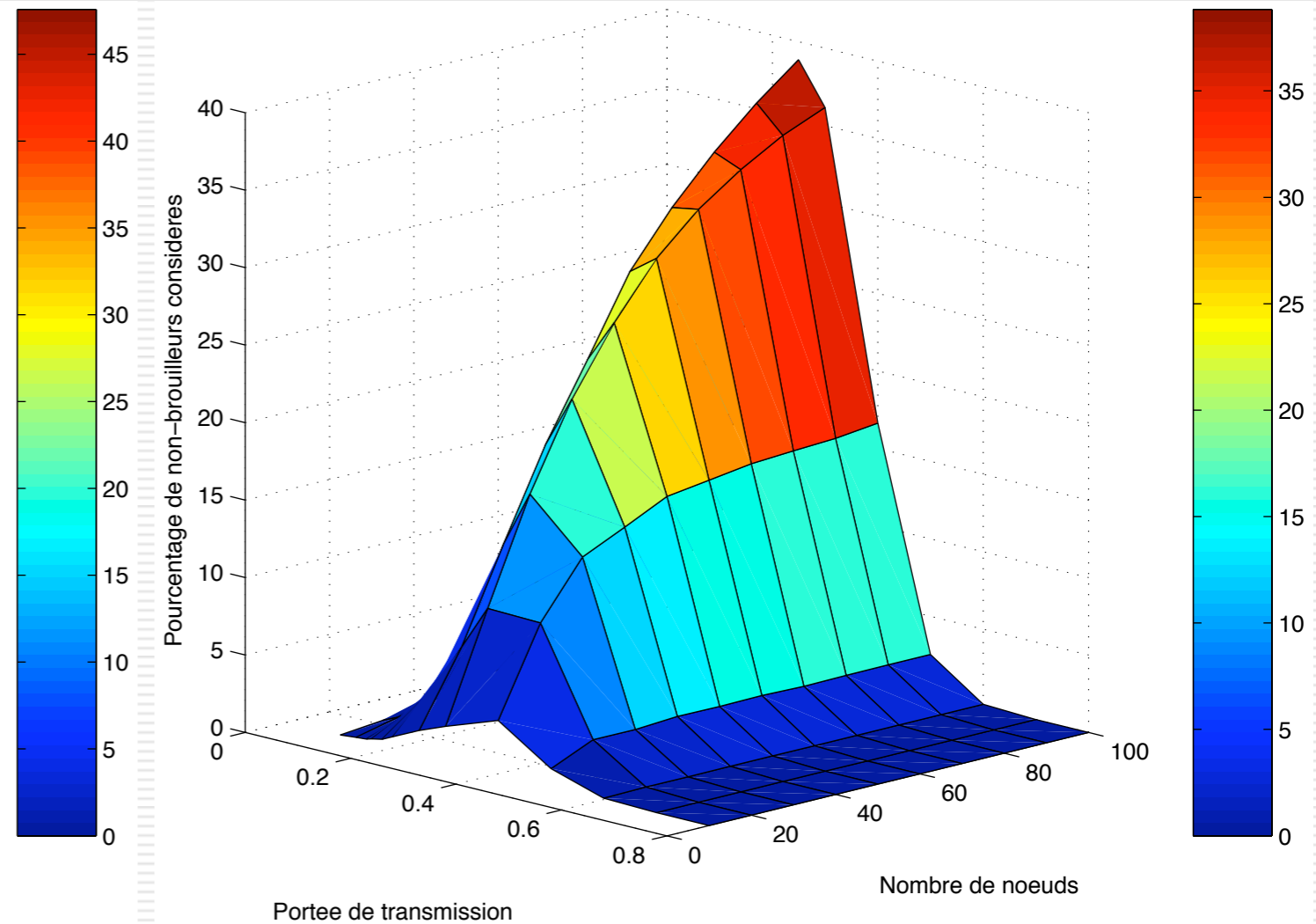
2 sauts  
Max : 50 %

# BRuIT : pourquoi deux sauts ?

## □ Trois sauts



Non détectés  
Max : 48 %



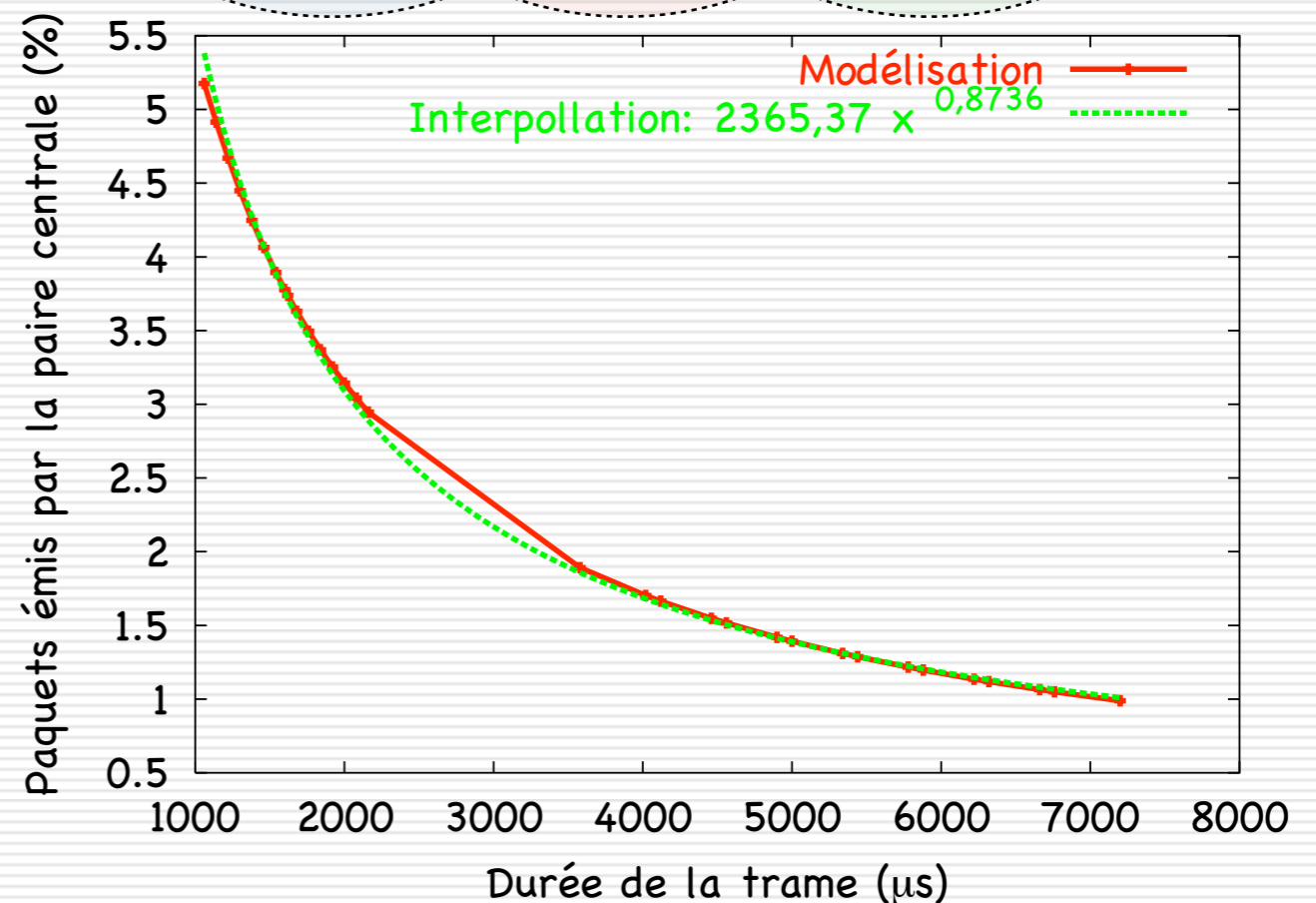
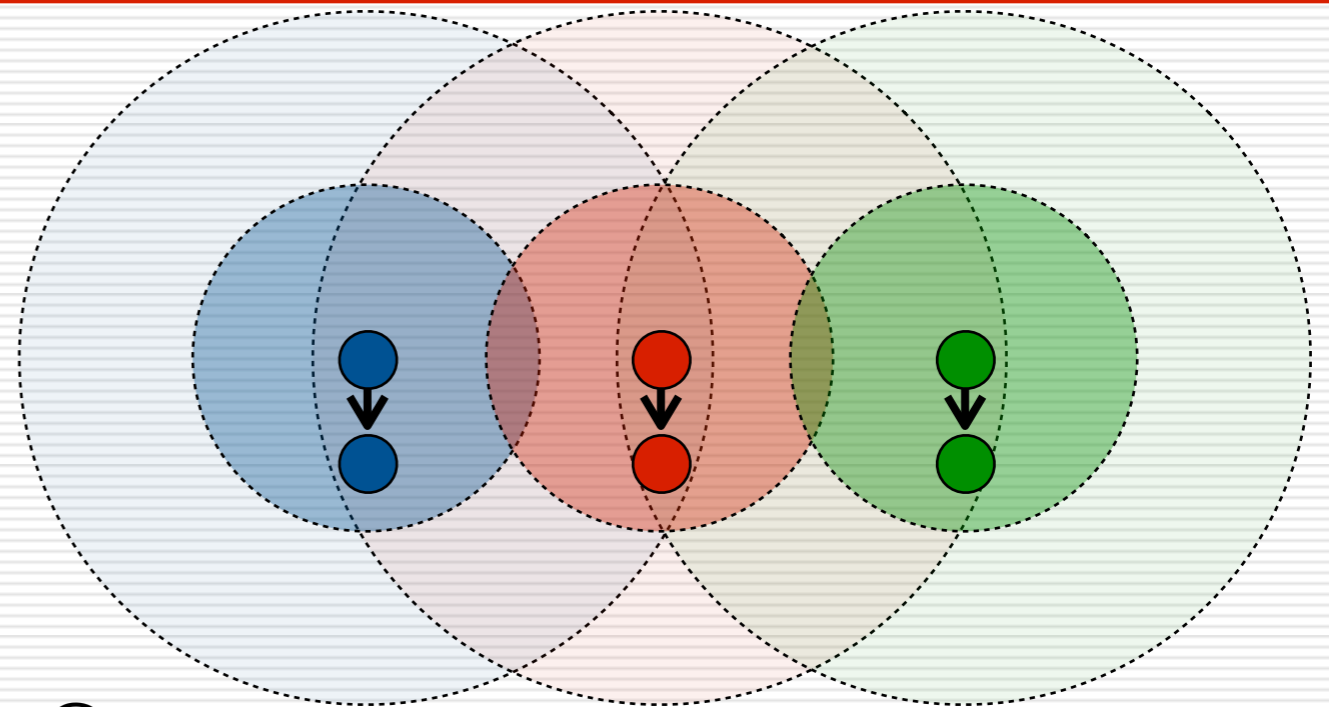
"Sur-détectés"  
Max : 40%

## □ L'évaluation devient aléatoire



# BRuIT : exemple de cas pathologique

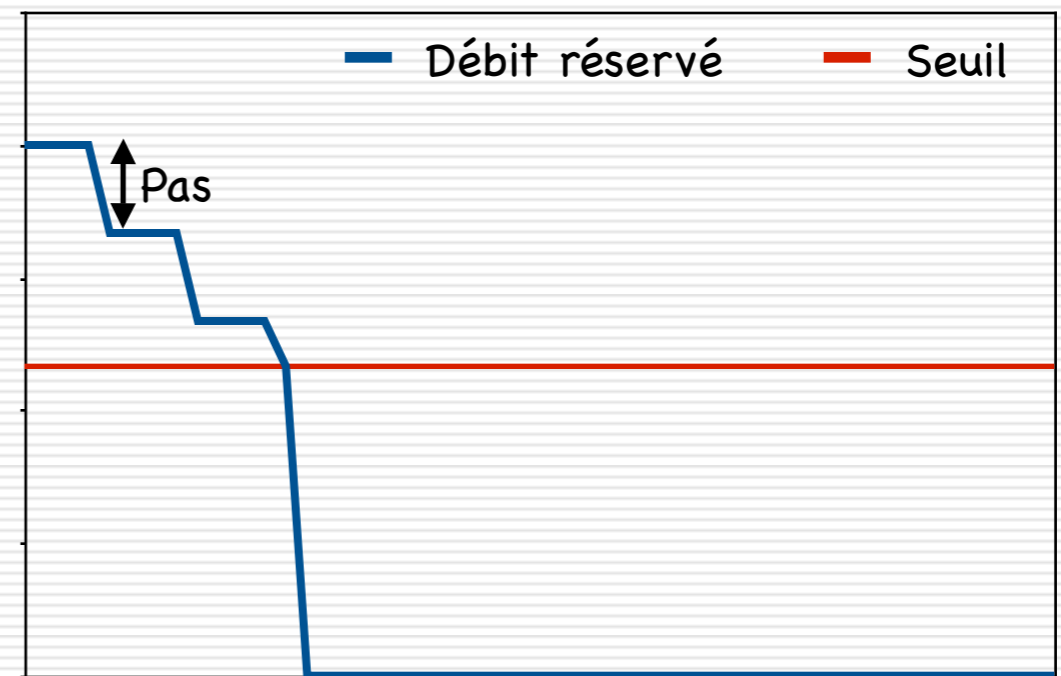
- Accès déséquilibré - 1 contre 2
- Pas de communication entre émetteurs
- La paire centrale n'obtient qu'une faible proportion du médium



• C. Chaudet, I. Guérin Lassous, E. Thierry, B. Gaujal — *Study of the impact of asymmetry and carrier sense mechanism in IEEE 802.11 multi-hops networks through a basic case* — ACM PE-WASUN 2004

# BRuIT : dégradation / restauration

- Mécanisme d'évaluation imparfait
  - Identification des brouilleurs (connectivité)
  - Mobilité
  
- Mécanisme de dégradation
  - Applications spécifient pas et seuil
  - En cas de congestion : dégradation
  - Possibilité d'appliquer des politiques (glouton..)



- Evaluation par simulation
  - NS-2 version 2.27
  - Graphes géométriques aléatoires de 10 à 100 nœuds
  - 5 à 30 flux de 80 kbit/s
  - Moyenne sur 100 simulations
  
- Comparaison par rapport à AODV
  - Recherche de routes similaire mais sans contrôle d'admission
  - Evaluation de l'impact des garanties

- Taux d'acceptation
  - BRuIT entre 50% et 60% par rapport à AODV
  - Différence croît avec la charge du réseau
  
- Temps d'établissement
  - De l'ordre de 100 ms
  - BRuIT entre 20% et 40% plus lent
  - Contrôle d'admission sélectionne des routes peu congestionnées

- Longueur des routes
  - AODV proche du plus court chemin (différence 10%)
  - BRuIT entre 50% et 100% plus long que le plus court chemin
  - Equilibrage de charge
  
- Volume de signalisation
  - Comparables
  - BRuIT : paquets Hello
  - AODV : reconstructions de routes

- Protocole de réservation de bande passante
- Utilisation d'informations à deux sauts pour l'évaluation des ressources disponibles
- Stabilité du réseau, bon équilibrage de charge
- Routes plus longues et établissement plus long
- Que faire du trafic au mieux ?

- Contexte
- BRuIT : Bandwidth Reservation under Interferences Influence
- Allocation équitable de bande passante
- Conclusion et perspectives

• C. Chaudet, I. Guérin Lassous, J. Zerovnik — *A distributed algorithm for bandwidth allocation in stable ad hoc networks* — WONS 2004

# Problème des trafics au mieux

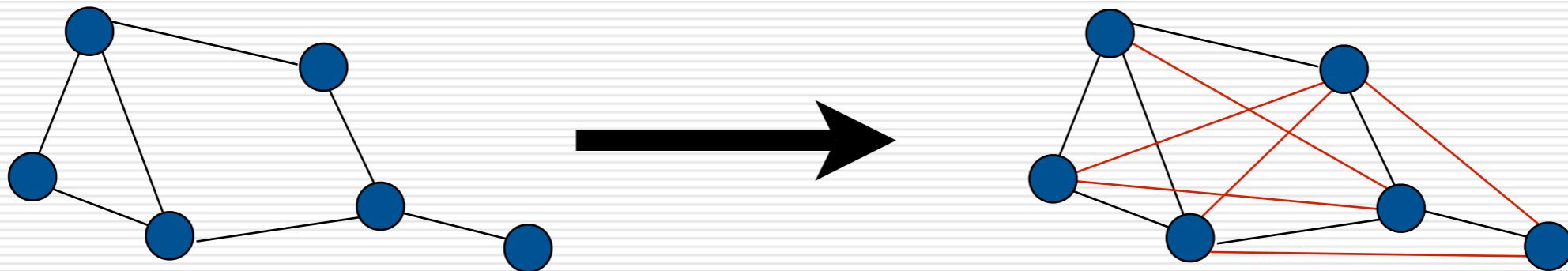
---

- On travaille sur un unique canal
- Difficulté d'évaluer le volume de trafic au mieux
- Limitation du volume émis par chaque routeur
  - Filtres (Leaky bucket, Token bucket, ...)
- Contraintes :
  - Ne pas dépasser la capacité du canal
  - Maximiser l'utilisation de la bande passante
  - Conserver une certaine équité



# Problème d'optimisation

- On se place dans le graphe de partage du médium
  - 2 sauts par rapport au graphe de connectivité



$$\forall v \in V, \sum_{u \in N[v]} x(u) \leq b(v).$$

Contraintes (partage du médium)

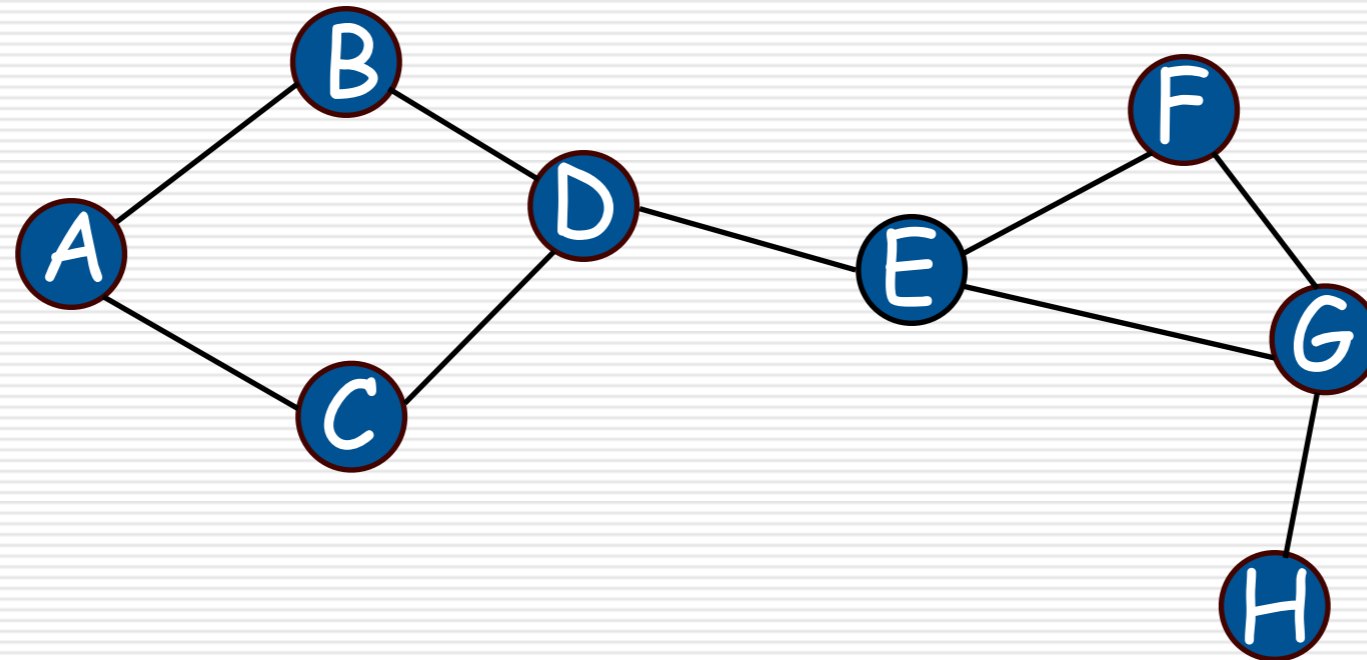
$v$  : nœud ad hoc  
 $x(u)$  = bande passante allouée à  $u$   
 $b(v)$  = capacité du médium pour  $v$

$$\max \sum_{v \in V} x(v)$$

Utilisation du réseau

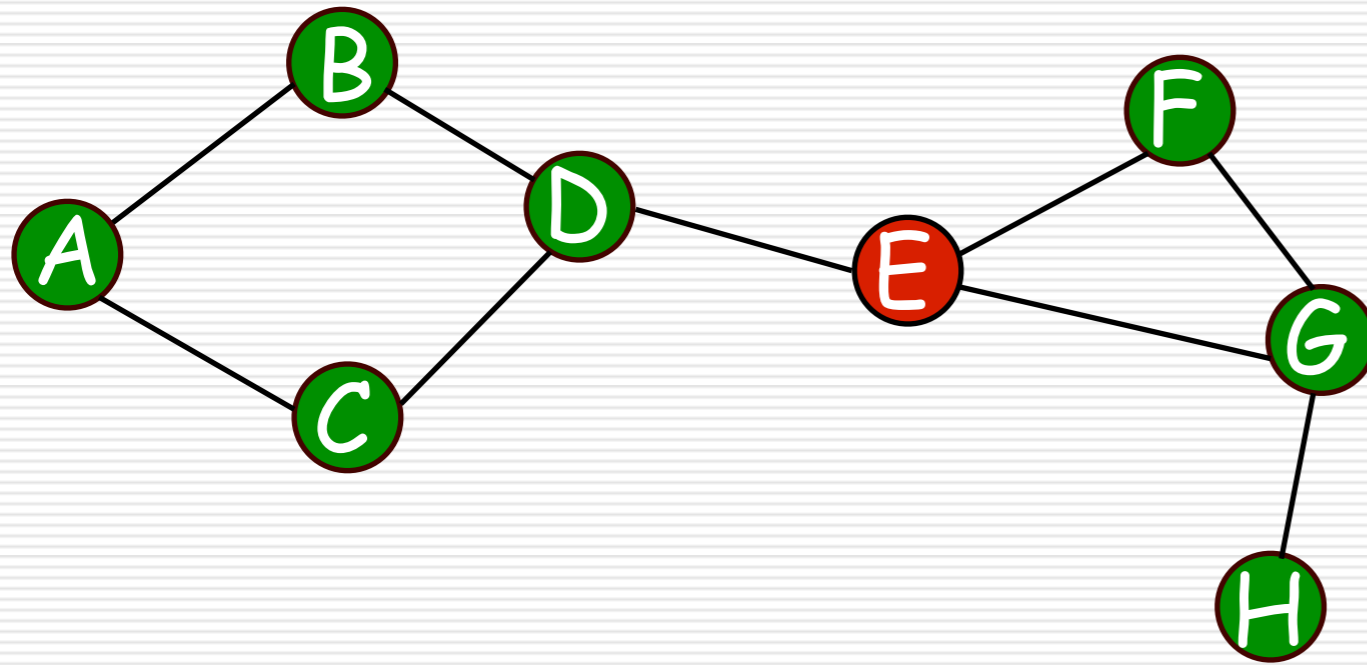
$$\min \sum_{v \in V} (x(v) - \bar{x})^2$$

Équité entre les allocations



- Capacités identiques (100 unités)

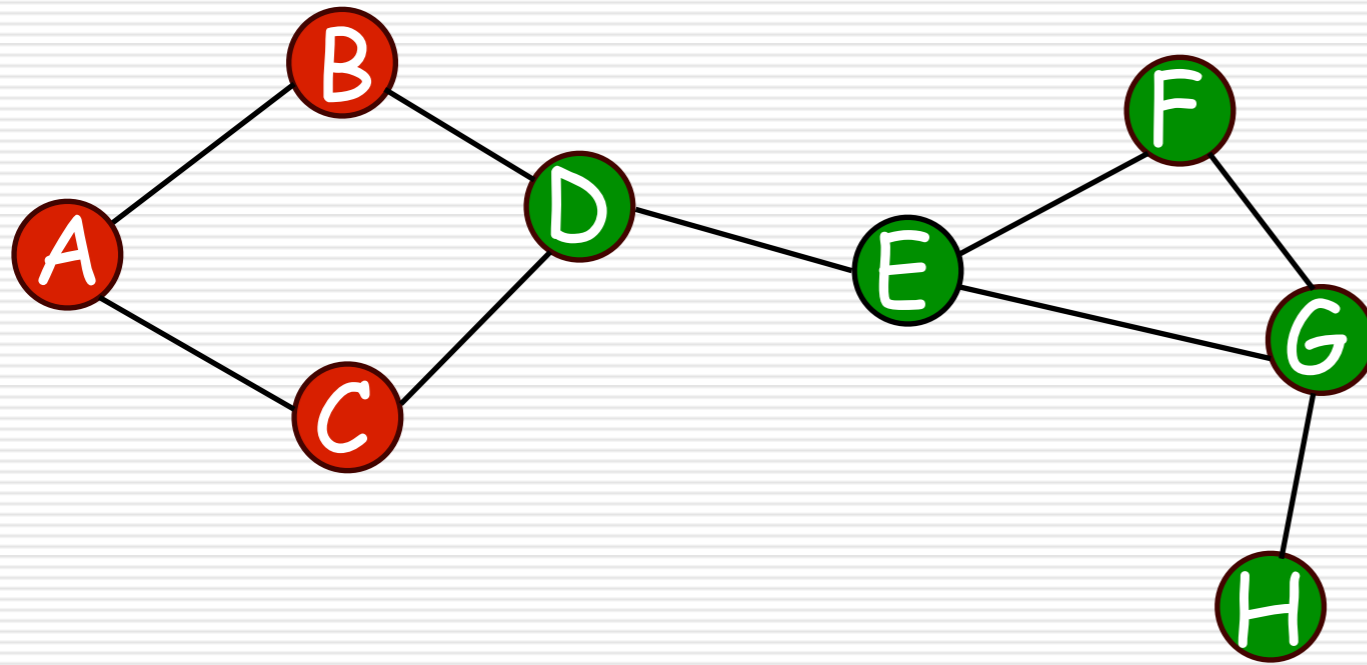
# Solution 1 : maximiser l'utilisation



- Bande passante totale allouée : 233 unités
- Le réseau est déconnecté

	A	B	C	D	E	F	G	H
Pris	33	33	33	33	0	33	33	33
Reste	0	0	0	0	0	0	0	33

# Solution 2 : minimiser les écarts



- Bande passante totale allouée : 200 unités
- 
- Sous-utilisation du réseau

	A	B	C	D	E	F	G	H
Pris	25	25	25	25	25	25	25	25
Reste	25	25	25	0	0	25	0	50

# Une suite de solutions admissibles

## □ Initialisation :

$$\begin{cases} x_v(0) = 0 \\ e_v(0) = b(v) \end{cases}$$

$x_v(n)$  : Allocation du nœud  $v$  à l'étape  $n$   
 $e_v(n)$  : BP restante du nœud  $v$  à l'étape  $n$   
 $b(v)$  : Capacité du canal au voisinage de  $v$   
 $d(v)$  : Degré du nœud  $v$   
 $N[v]$  : Voisinage fermé du nœud  $v$

## □ À chaque étape :

$$\begin{cases} x_v(n+1) = x_v(n) + \frac{\min_{u \in N[v]} e_u(n)}{\max_{u \in N[v]} d(u) + 1} \\ e_v(n+1) = b(v) - \sum_{u \in N[v]} x_u(n) \end{cases}$$

# Propriétés de la suite

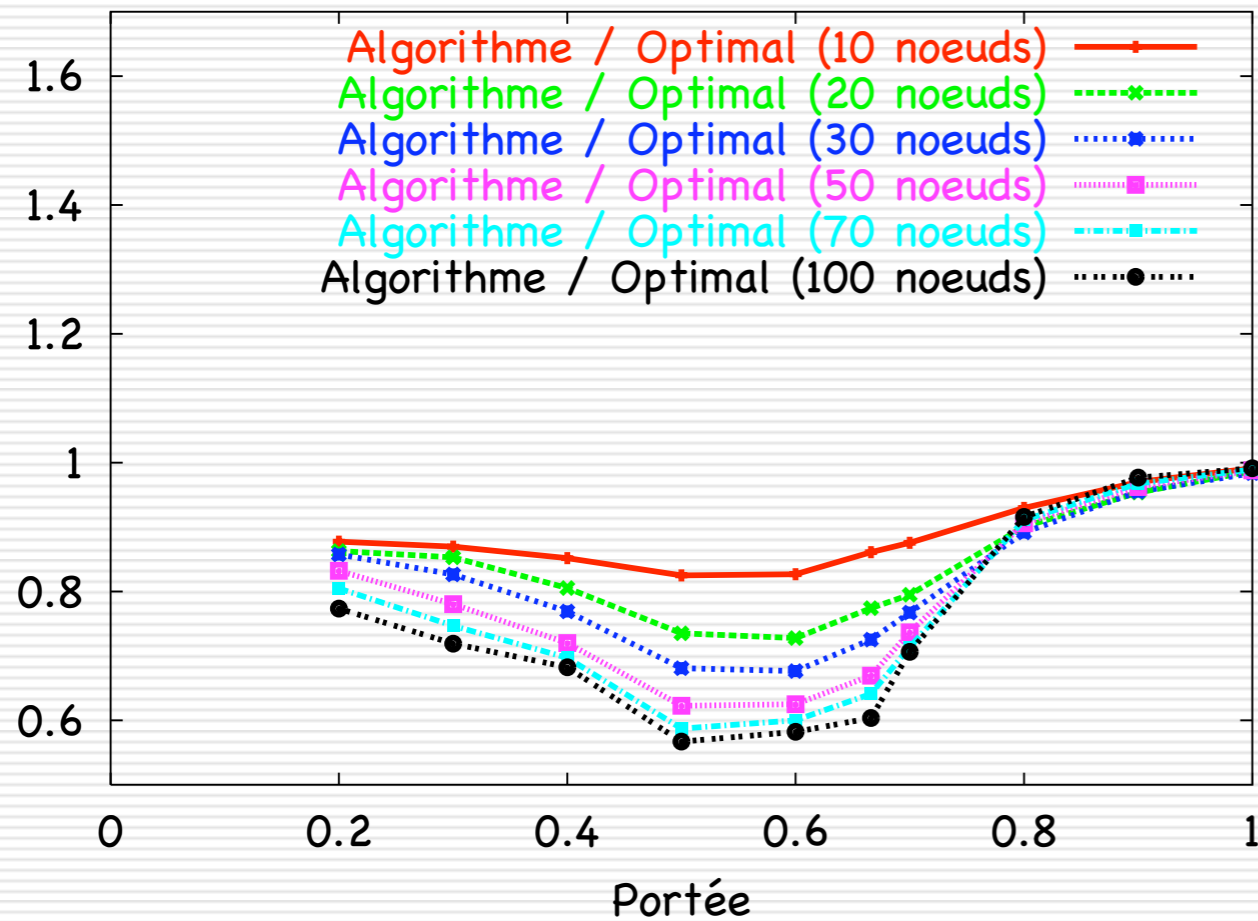
---

- Croissante et convergente
- Si aucune bande passante initiale n'est nulle, aucune allocation nulle
- Ne requiert que des informations locales (zone de partage du médium)
- Pas de borne sur la vitesse de convergence

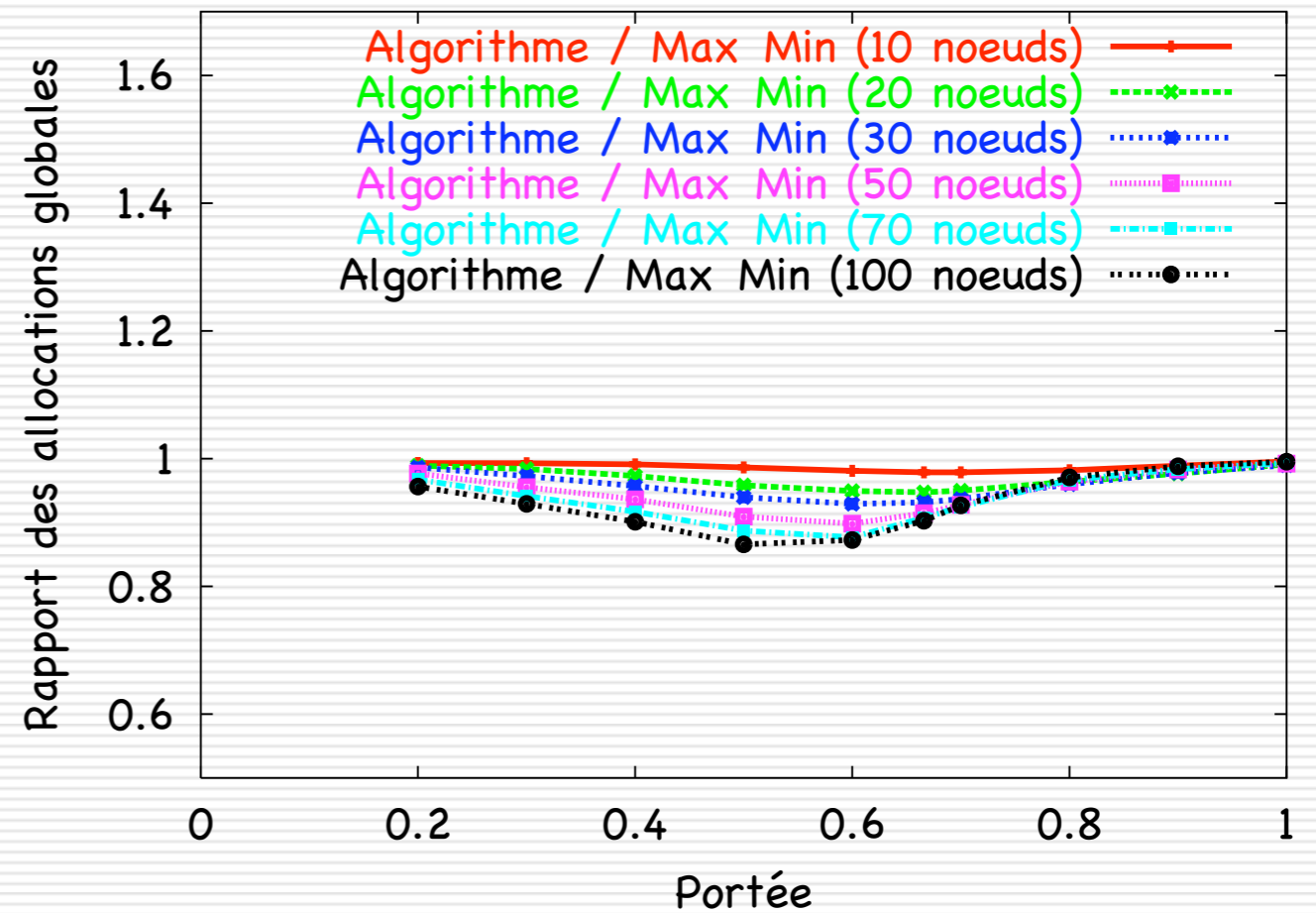
- Evaluation de l'algorithme par simulation
  
- Différentes topologies (chaînes, maillages, topologies aléatoires...)
  
- Bandes passantes initiales aléatoires
  
- Comparaison avec :
  - La solution optimale en terme d'allocation globale la plus équitable (minimisant l'écart-type)
  - La solution la plus équitable (équité max-min)

# Résultats - allocation totale

- Graphes géométriques aléatoires
- Rapport des volumes totaux alloués



Rapport à l'optimal le plus équitable

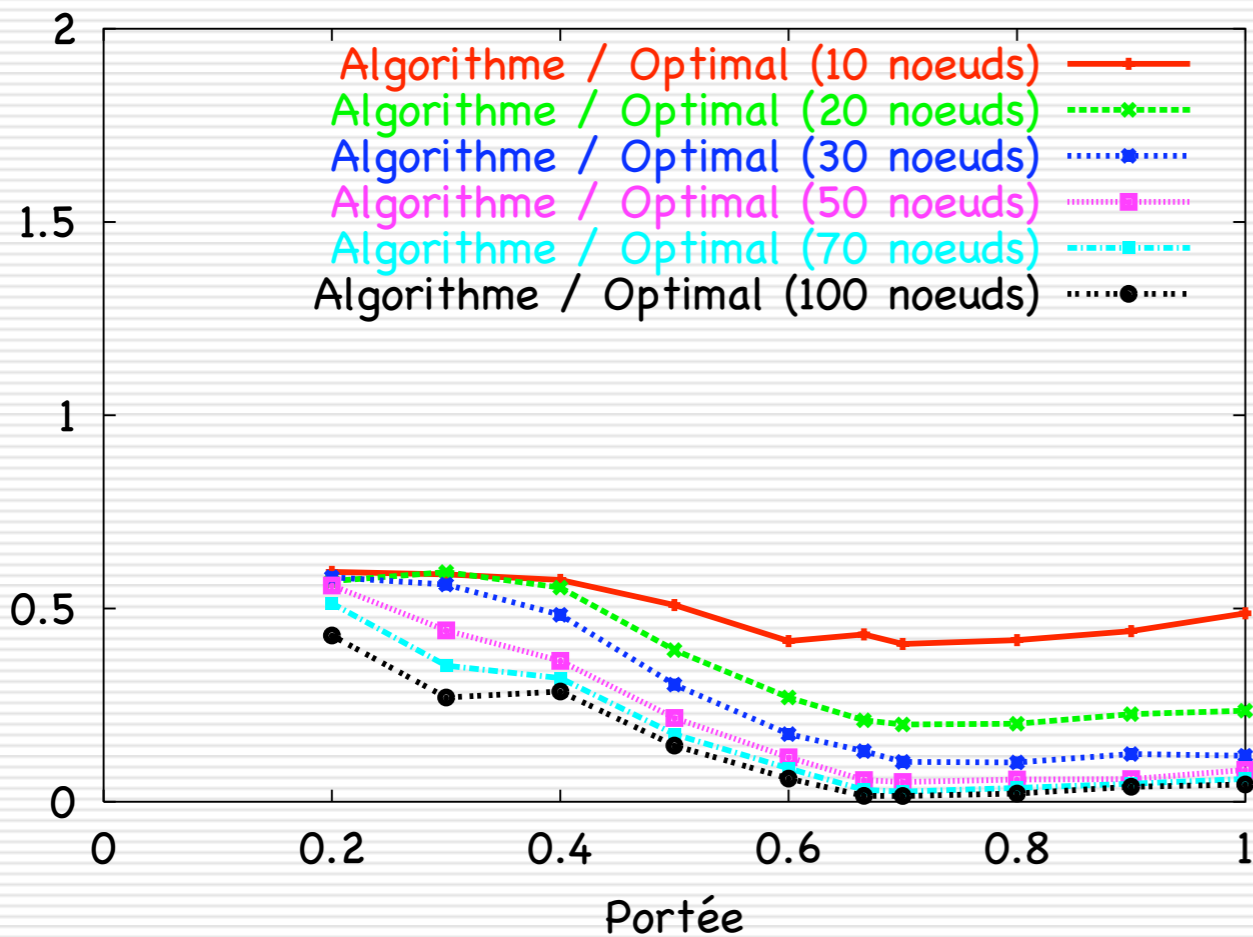


Rapport à la solution max-min

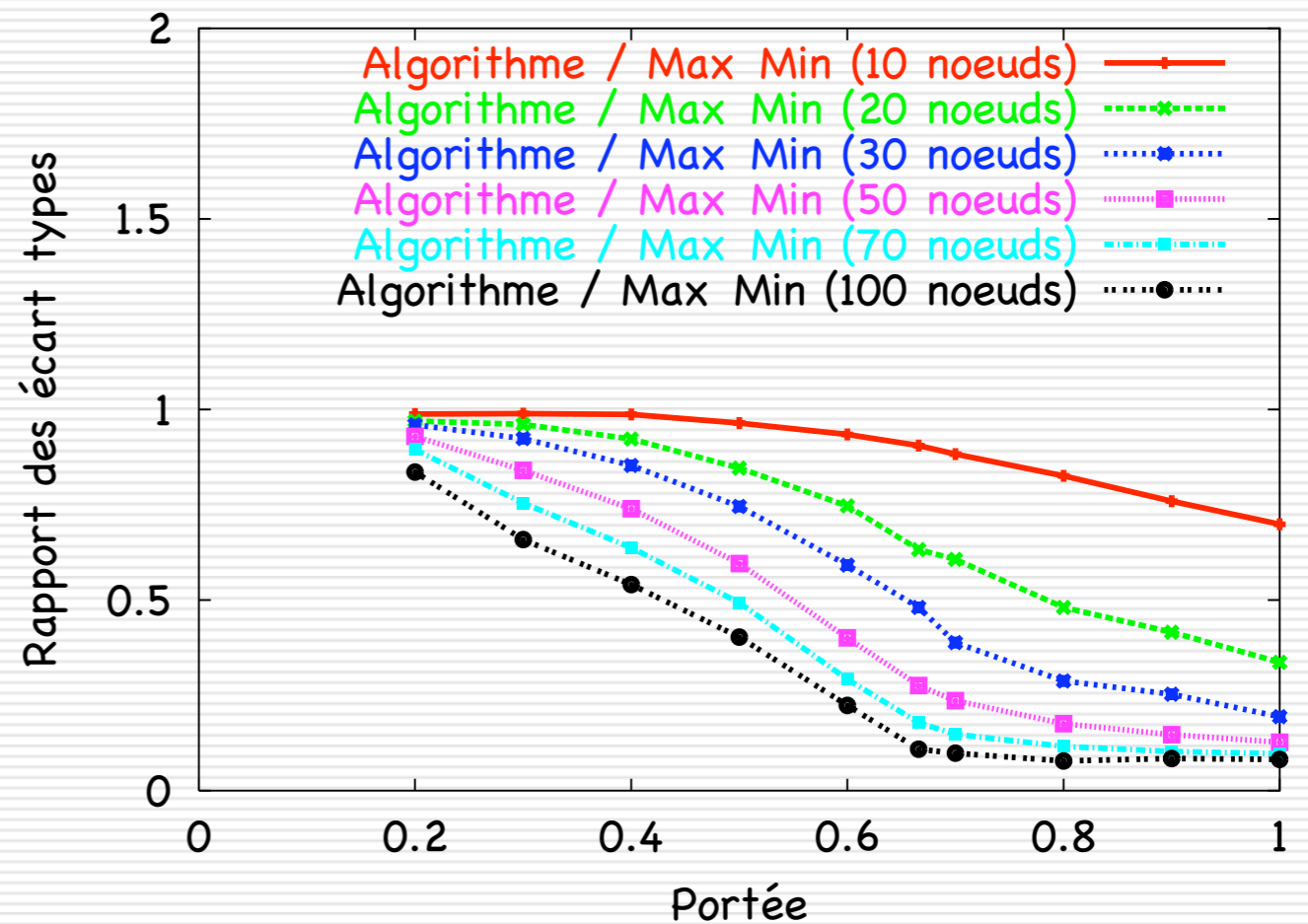


# Résultats - écart-types

- Graphes géométriques aléatoires
- Rapport des écart-types entre allocations



Rapport à l'optimal le plus équitable



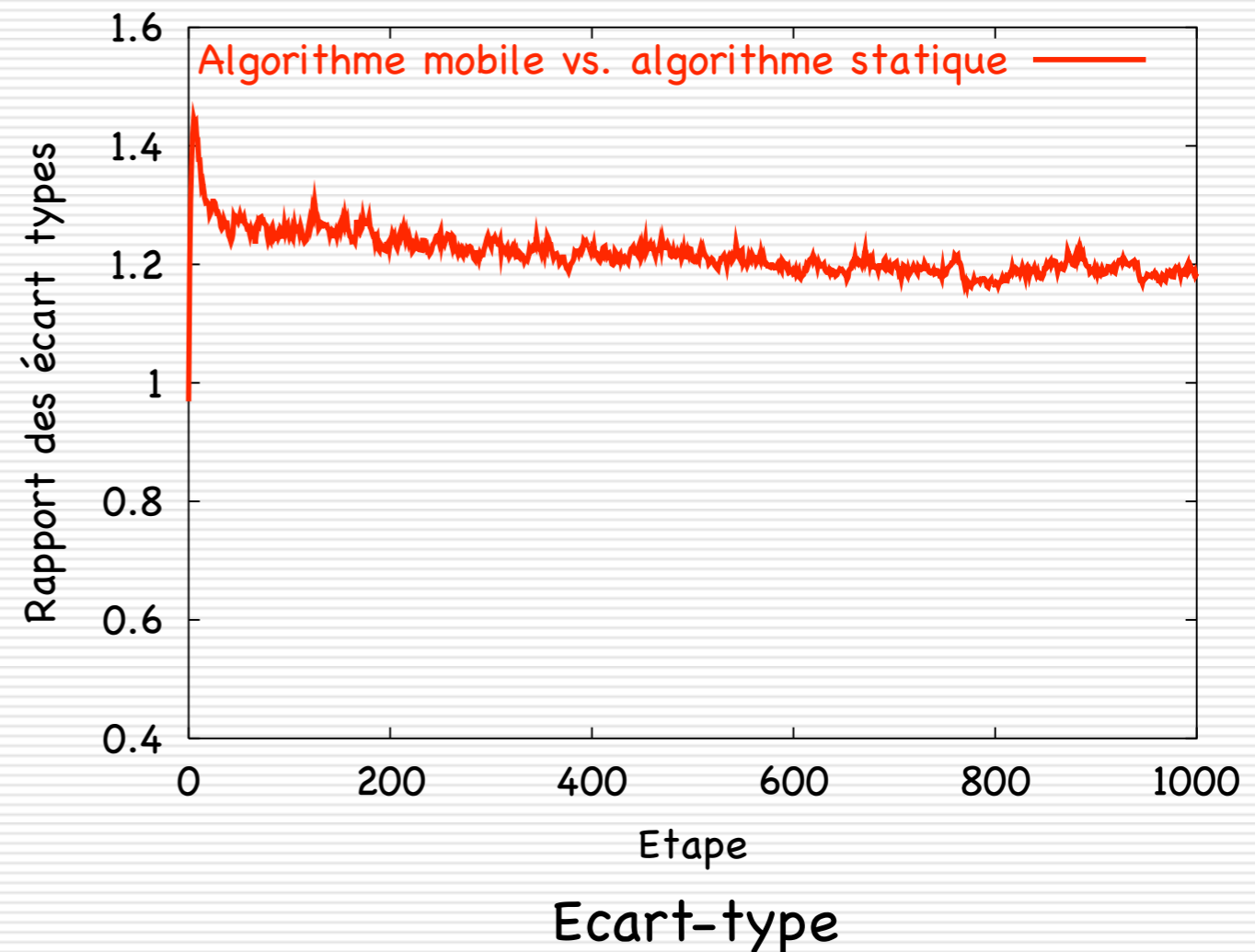
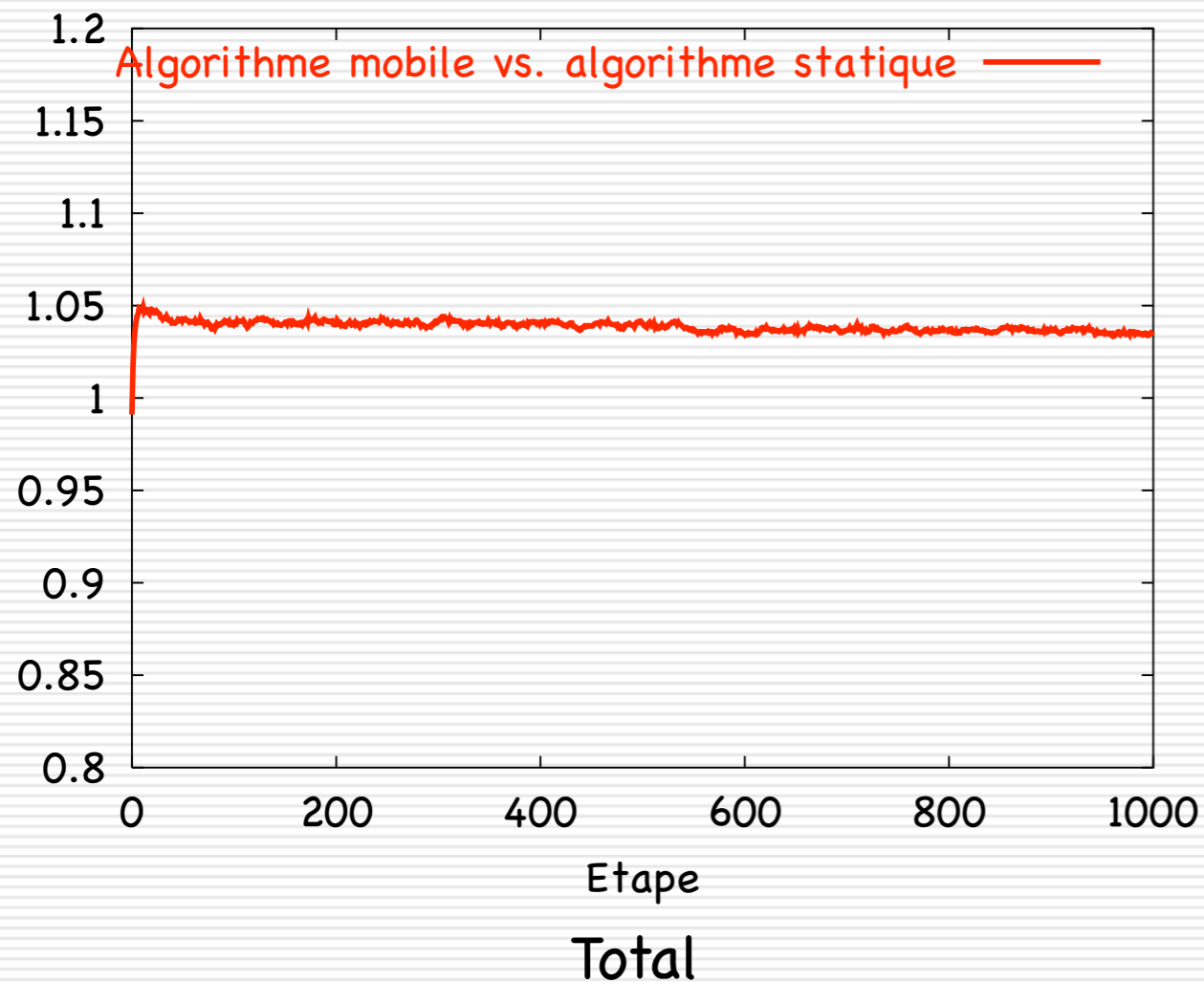
Rapport à la solution max-min

- La mobilité peut conduire à une violation des contraintes
  
- Comment réagir face à un changement de topologie ?
  
- On "teste" l'allocation avant de l'appliquer
  - Si on ne dépasse pas la capacité du médium, on continue
  - Si on dépasse, tous les nœuds incriminés repartent à l'étape 1

# Mobilité : résultats de simulations

- Graphes géométriques aléatoires (100 nœuds)
- Mobilité aléatoire
- 1 changement de topologie, 3 étapes de l'algorithme

Rapport des bandes passantes moyennes allouées



# Allocation équitable : conclusion

---

- Mécanisme distribué
- Bon compromis entre utilisation du réseau et équité
- Bande passante minimale garantie
- Adaptatif vis à vis de la mobilité

- Contexte
- BRuIT : Bandwidth Reservation under Interferences Influence
- Allocation équitable de bande passante
- Conclusion et perspectives

## □ BRuIT

- Protocole de réservation de bande passante
- Contrôle d'admission basé sur informations à deux sauts
- Mécanisme de dégradation

## □ Algorithme d'allocation équitable de bande passante

- Gestion du trafic Best Effort
- Mécanisme distribué, intégration à BRuIT
- Allocation satisfaisante (volume et équité)

- La réservation de bande passante dans les réseaux ad hoc est un problème complexe
- Les garanties ne peuvent être strictes
- Compromis entre trafic de contrôle et bon fonctionnement du réseau
- 
- Le principe de contrôle des débits apporte une certaine stabilité

- Implantation réelle
  - Confronter modélisation, expérimentations et simulations
  
- Gestion du trafic au mieux
  - Conversion en protocole (asynchronisme , robustesse)
  - Intégration à BRuIT
  
- Evaluation de la bande passante disponible
  - Communication avec la couche MAC / Physique
  
- Gestion d'autres métriques



# Merci de votre attention

---

## Questions ?