

# Amélioration du protocole MAC dans 802.11

LSIIT - ULP/CNRS

Définition d'un protocole de remplacement  
conservant la couche PHY

RGE, 9 juin 2005 – Jean LORCHAT

# Introduction

- IEEE 802.11, bientôt dix ans !
  - Recul en terme de déploiement et d'utilisation
  - Avancées technologiques incorporées (a/b/g)
- Début de massification dans tous les équipements
- Emergence d'un nouveau modèle de fourniture d'accès

# Plan

- Limitations de IEEE 802.11
- Travaux d'amélioration
- Une nouvelle couche MAC
- Evaluation
- Conclusion

# Limitations de IEEE 802.11

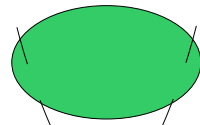
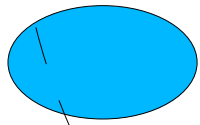
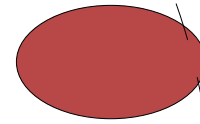
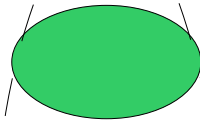
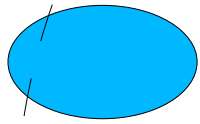
# La norme IEEE 802.11 en bref

- IEEE 802.11 fournit la couche PHYsique
  - Nombreuses versions (a/b/g)
  - Basée sur OFDM pour les plus récentes
- Et aussi la couche MAC
  - Accès par CSMA/CA (issu de CSMA/CD)
  - Obtention du medium de façon distribuée
  - Exponential Random Backoff pour résoudre les collisions

# Vices de fabrication

- Défauts liés à des situations particulières
  - Problème des trois paires
  - "L'anomalie de performance"
  - Terminal caché / terminal exposé
- Applications inadaptées
  - Réseaux ad-hoc multisauts : MANET
  - Réseaux de capteurs : WSN

# Problème des trois paires



# Insuffisances de la norme

- Le protocole MAC de la norme est équitable
  - Dans quelles conditions ?
- Il prévoit un mode d'économie d'énergie
  - Quelles sont les économies réalisées ?
  - Quel est le coût pour ces économies ?



# Partage du medium équitale

- La norme IEEE 802.11 est équitale
  - Du point de vue du nombre d'obtentions du medium
  - Pour des stations communiquant dans une cellule complètement connectée
  - Pour des communications utilisant le même bitrate
- D'où l'anomalie de performance, et l'inadéquation avec les MANET et WSN

# Efficacité Energétique

- La norme intègre le mode Power Save Polling (PSP) pour l'économie d'énergie
  - Mode veille amélioré avec fonction de paging dans la signalisation périodique
  - Permet des économies d'énergie uniquement en mode réception
  - Impose une latence moyenne comprise entre 100 et 500 millisecondes

# Conclusion sur IEEE 802.11

- Couche MAC efficace pour des réseaux fixes et illimités en énergie
- Dans la plupart des cas, accès inéquitable
- Consommation en énergie élevée ou latence sur les communications entrantes élevée
- Couche physique handicapée par la couche MAC

# Travaux d'amélioration

# Effacité énergétique

- Mécanismes externes
  - Paging par le coordinateur en utilisant un lien moins gourmand
- Mécanismes internes
  - Mode FastPSP
  - Agrégation de trames

# Equité d'accès au medium

- Adaptive Optimal Backoff
  - Modification du backoff en fonction du nombre de stations et de collisions
- pNAV
  - Approche Markovienne utilisant des informations locales
- Traffic Shaping
  - Pour régler l'anomalie de performance

# Conclusion sur les travaux

- Les travaux présentés proposent toujours des compromis énergie/latence ou équité/débit qui sont liés à la nature du protocole MAC
- Le rendement de ces compromis est borné par la couche MAC : "asymptotically optimal" (M. Conti)
- Peut-on remplacer la couche MAC ?

# Une nouvelle couche MAC



# Construction Incrementale

- **Éléments conservés :**
  - Le beacon périodique
  - Le scanning passif
- **Éléments supprimés :**
  - DCF (en particulier le Backoff)
  - RTS/CTS (au profit d'un nouveau mécanisme de réservation)
  - Le scanning actif

# Un TDMA simplifié

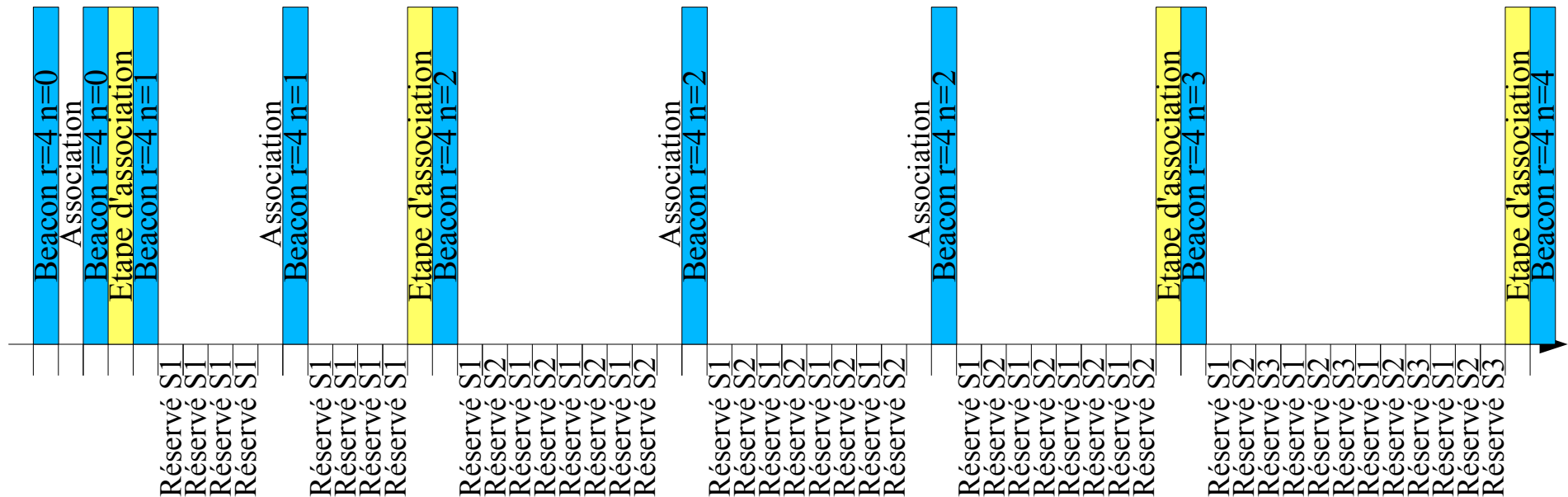
- Le coordinateur découpe le temps en longues cellules utilisant l'agrégation
- Toutes les communications vont vers le coordinateur ou en viennent
- Chaque cellule de temps est consacrée tour à tour à une des stations associées, en alternant émission et réception
- Chaque succession de cellules se répète jusqu'au beacon
- Chaque beacon est précédé d'une fenêtre d'association

# Le Beacon

- Message périodique de signalisation L2
  - Périodicité non déterministe
- Contenu du beacon
  - Nombre de stations associées
  - Nombre de rondes de cellules (permet de faire varier la fréquence des beacons)

# Exemple

- $r$  = nombre de rondes entre chaque Beacon
- $n$  = nombre de stations associées



# Analyse

- Avantages :
  - Simple
  - Sans collision
- Inconvénients :
  - Pas efficace en remplissage du medium
  - Pas efficace en consommation d'énergie

# TDMA dynamique

- Ajout d'une phase de réservation après la phase d'association : les stations qui veulent émettre demandent une certaine quantité de slots
- Les stations se mettent en veille après N intervalles inactifs. La longueur de la période de veille augmente périodiquement
- La quantité totale de slots est fixe pour que l'intervalle de Beacon reste constant

# Phase de réservation

- Chaque station associée, à son tour, demande un nombre de slots
  - Ce nombre doit être supérieur à 1
  - Si la station ne veut pas émettre elle ne demande rien
- Le coordinateur calcule l'ordonnancement du trafic et le diffuse dans le beacon

# Ordonnancement du trafic

- Dans l'intervalle, il y a  $n$  slots disponibles pour  $r$  stations
- Les stations ayant demandé  $n/2 * r$  slots ou moins les obtiennent
- Le trafic du coordinateur vers les stations est satisfait dans la limite de  $n/2 * r$  slots
- Les slots restants sont distribués entre chaque station (round robin) en donnant priorité à l'AP
- S'il reste des slots, ils sont affectés aux stations ayant fait les plus grosses réservations



# Exemple d'ordonnement

- 6 stations, 24 slots
- Réservations demandées

Tx1	Tx2	Tx3	Tx4	Tx5	Tx6	Rx1	Rx2	Rx3	Rx4	Rx5	Rx6
0	0	0	5	5	5	1	1	2	2	1	5

- Réservations effectuées

Tx1	Tx2	Tx3	Tx4	Tx5	Tx6	Rx1	Rx2	Rx3	Rx4	Rx5	Rx6
0	0	0	4	4	4	1	1	2	2	1	5

- Les réservations Rx sont automatiques

# Mise en veille

- Les stations qui n'ont pas de trafic à émettre et qui n'ont pas reçu de trafic pendant  $N$  intervalles se mettent en veille pour une durée de 1 intervalle
- Postérieurement, pour chaque ensemble de  $N$  durées de mise en veille consécutives où la station est inactive, la durée de mise en veille est doublée
- La durée de mise en veille ne peut dépasser un seuil fixé par l'utilisateur (latence maximale d'établissement de connexion)

# Résumé

- Gages d'efficacité énergétique :
  - Utilisation de l'agrégation dans les cellules
  - Mises en veille fréquentes
- Garanties sur la latence
  - Borne supérieure sur la latence d'établissement de connexion
  - Borne supérieure sur la latence inter-frames

# Evaluation

# Analyse de la latence

- Latence maximale (établissement de connexion) :
  - Définie par la durée maximale de mise en veille (quelques secondes par exemple).
- Latence maximale inter-frames :

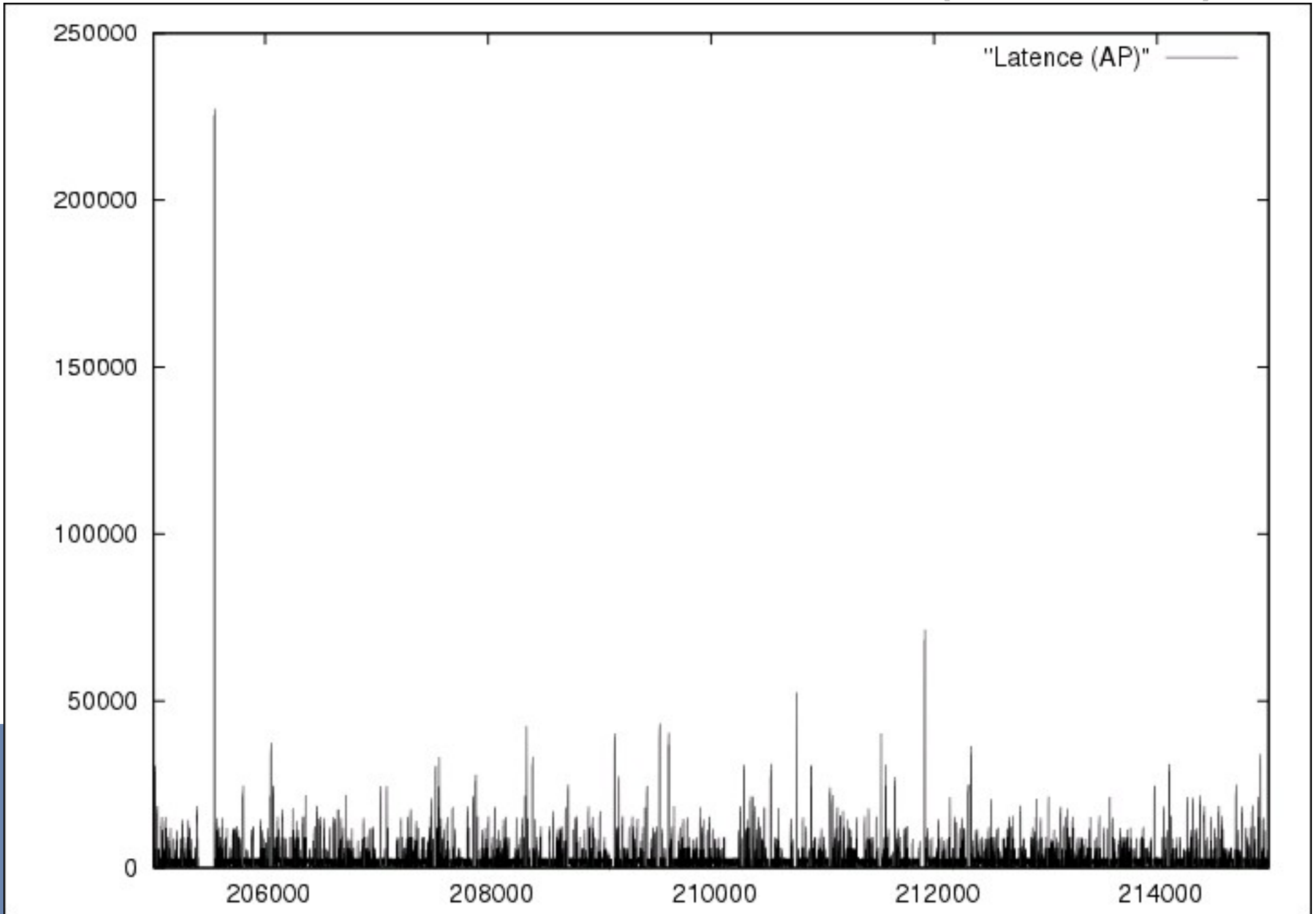
$$(2n + 3) \times t$$

où  $n$  est le nombre de stations et  $t$  la durée d'une cellule, soit  $23_{\text{ms}}$  pour 10 stations et des cellules d'une milliseconde.

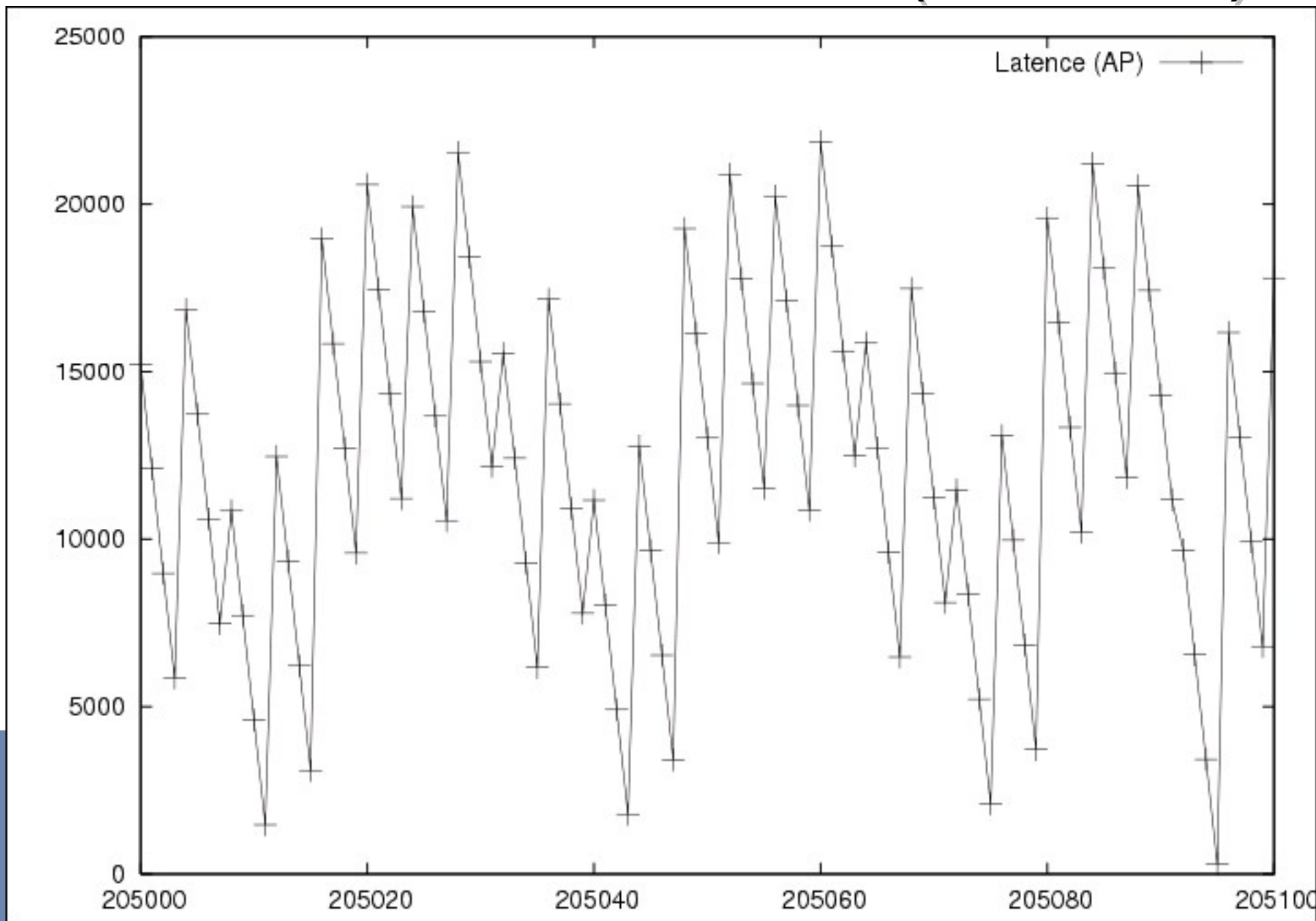
# Simulations

- Scénario de test : 4 stations, 4 flux
  - 1 flux vers la station 1
  - 1 flux issu de la station 2
  - 1 flux issu de la station 3
  - 1 flux vers la station 4
  - 1 flux issu de la station 4
- La station 4 communique de façon bidirectionnelle

# Résultats sur la latence (normal)



# Résultats sur la latence (TDMA-d)





# Conclusion générale/perspectives

- Protocole plus efficace que IEEE 802.11 pour les critères choisis (latence et énergie)
  - Augmentation de l'autonomie
  - Obtention d'une borne supérieure sur la latence
- Améliorations restantes :
  - Traiter le problème du broadcast
  - Adapter aux configurations décentralisées