

L'Internet de demain:

*Un nouveau réseau anarchique
ubiquitaire*

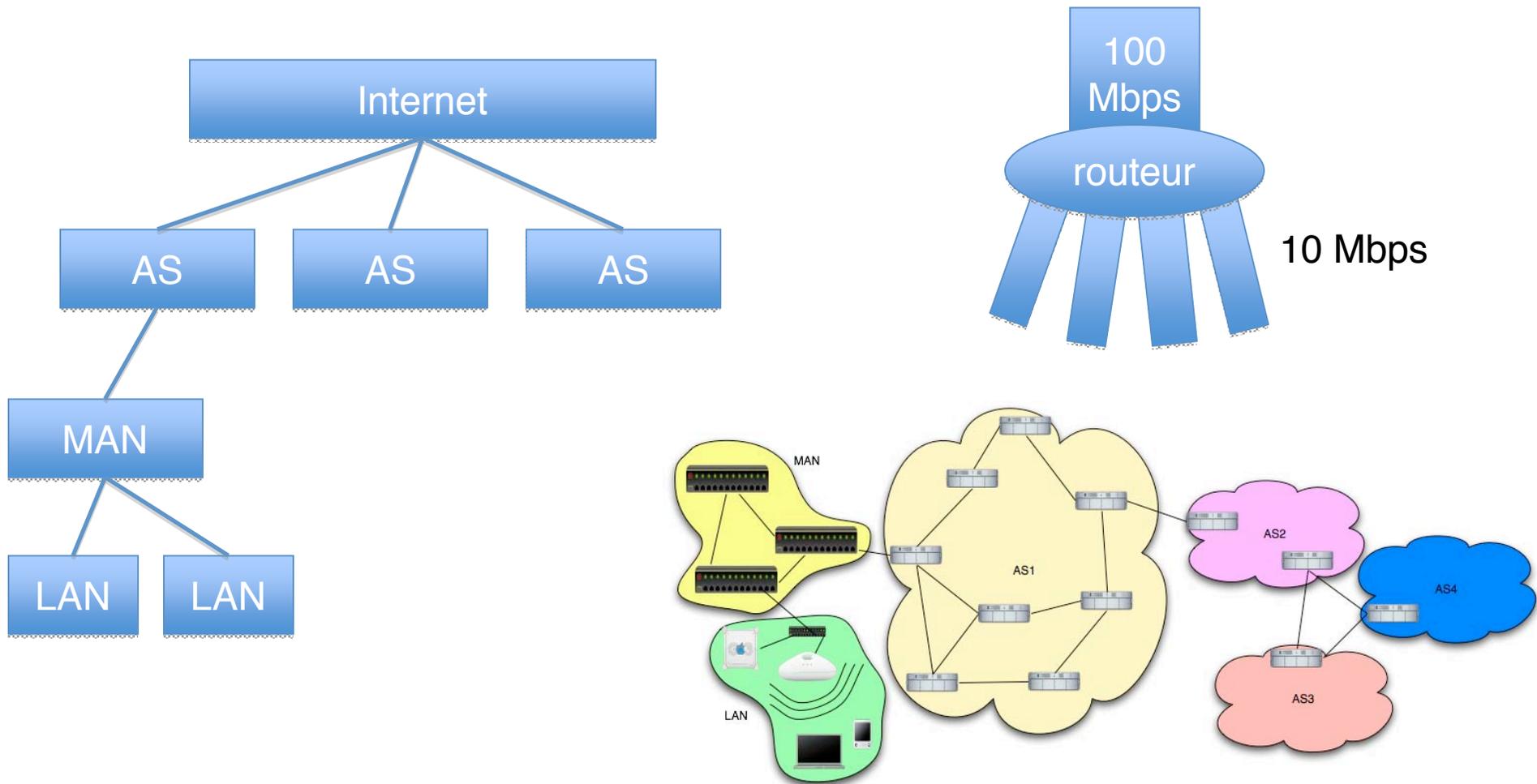
Fabrice Theoleyre

CNRS

Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG)

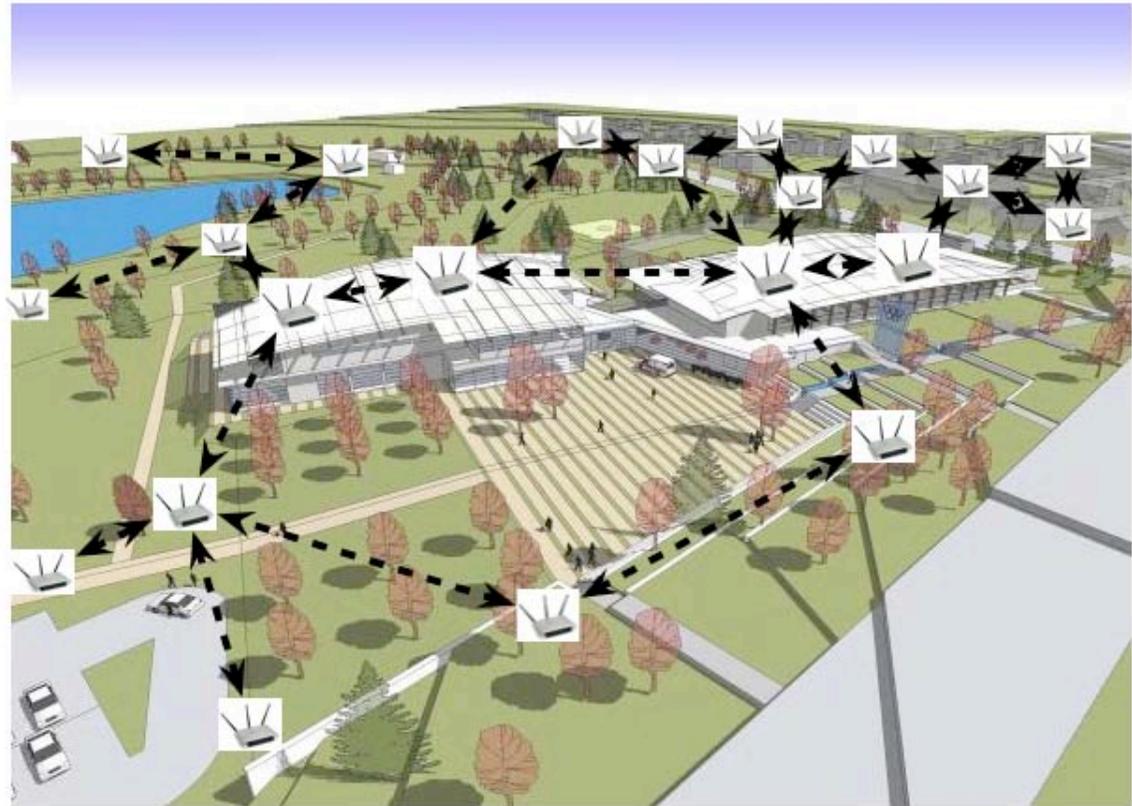


L'internet actuel



L'internet de demain

- ❖ Anarchique / spontané
 - ✓ Créé par l'utilisateur
- ❖ Itinérant & mobile
 - ✓ Connexion ubiquitaire
- ❖ Première étape
 - ✓ Les réseaux maillés spontanés
 - ✓ Une évolution stratégique pour les opérateurs de télécoms



Les réseaux spontanés radio

- ❖ Des industriels (US)
 - ✓ Intel, Microsoft, Nortel, Belair, Ricochet...
- ❖ Recherche intensive
 - ✓ Reconcevoir des protocoles du monde filaire
 - ✓ Adaptation complexe
- ❖ Conception guidée par l'expérimental
 - ✓ Modélisation radio complexe
 - ✓ Testbeds actuels
 - Mauvaises performances
 - Trouver le successeur de IEEE 802.11

Défis scientifiques

❖ Gestion des ressources

- ✓ Partager la bande passante
 - Qui parle et quand
- ✓ Partager les fréquences radio
 - Allocation dynamique de fréquences
- ✓ En maximisant la capacité du réseau
 - Dynamicité des demandes en trafic

❖ Routage

- ✓ Trouver une route : source → destination
- ✓ Environnement dynamique, sans hiérarchie
- ✓ Passage à l'échelle
 - Des centaines, voir des milliers de terminaux dans un proche avenir

MAC du WIFI

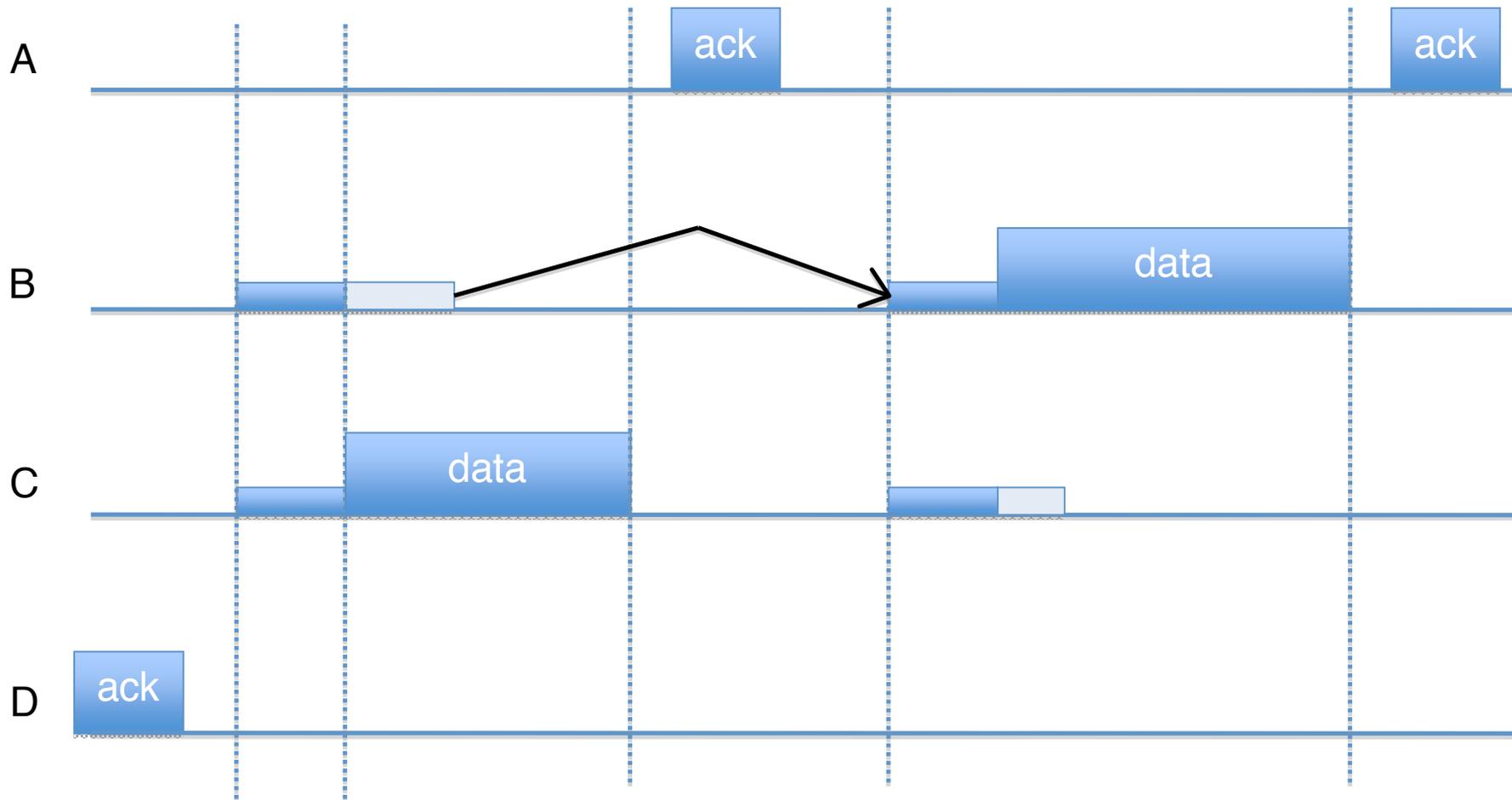
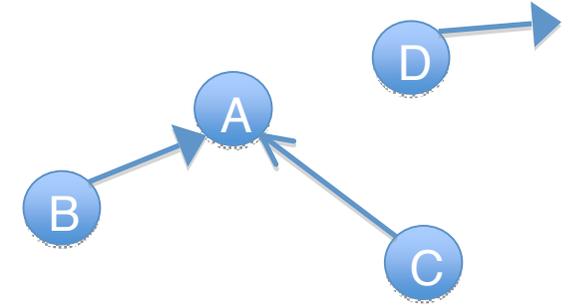
❖ CSMA-CA

- ✓ Partager les temps de parole
- ✓ Acquiescement des paquets pour fiabiliser le lien radio
- ✓ Méthode d'accès aléatoire au médium
 - Temps d'attente aléatoire avant la transmission (backoff)
 - Collision détectée → augmentation du backoff

❖ Dans une cellule

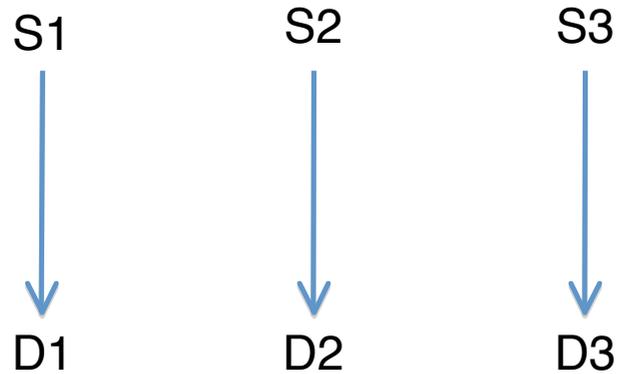
- ✓ Bonnes performances
- ✓ [idle sense] pour limiter les collisions

CSMA-CA simplifié

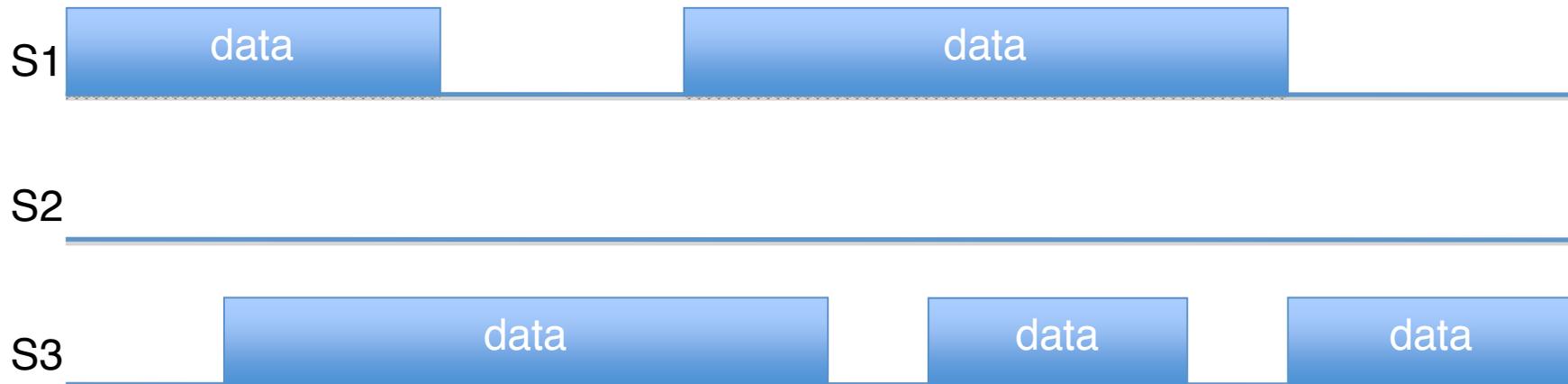


Topologie problématique

❖ 3 paires

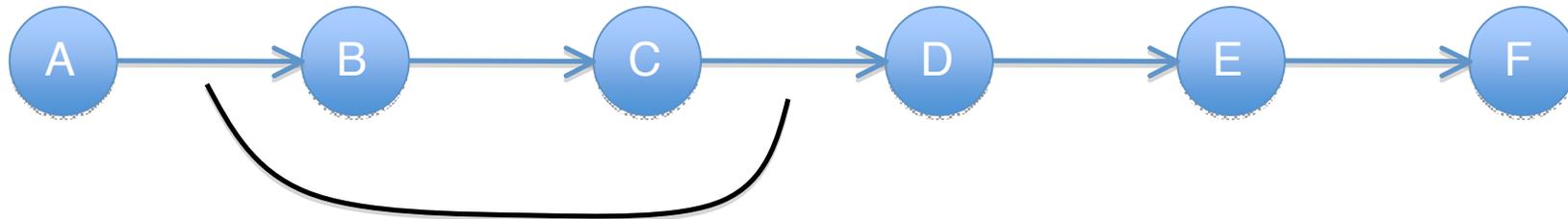


❖ Que se passe-t-il ?



Topologie problématique

❖ Ligne



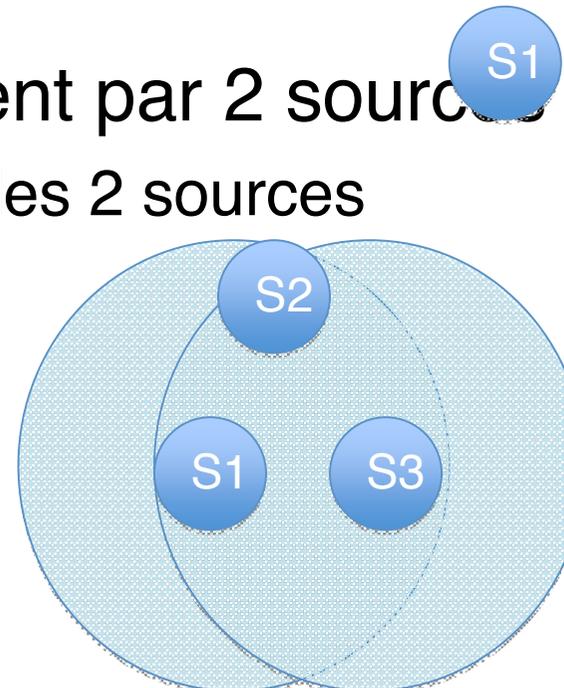
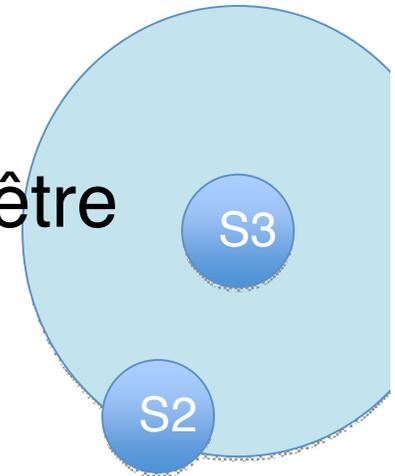
❖ Auto-interférences

- ✓ Famine
- ✓ Collisions intra-flux

Partage des ressources radio

❖ Radio multisauf

- ✓ Les visions de deux sources peuvent être différentes
- ✓ Seule une source voit une activité
 - Équité à long terme
- ✓ Collision subie seulement par 2 sources
 - Backoff augmente pour les 2 sources
 - Équité à court terme



MAC multi-canal

❖ Ligne

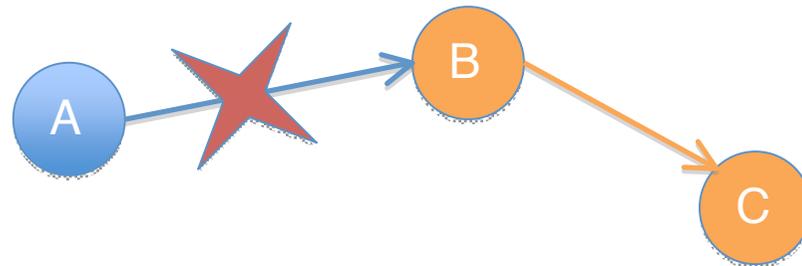


❖ Problème

- ✓ Allouer les fréquences
- ✓ En fonction du trafic

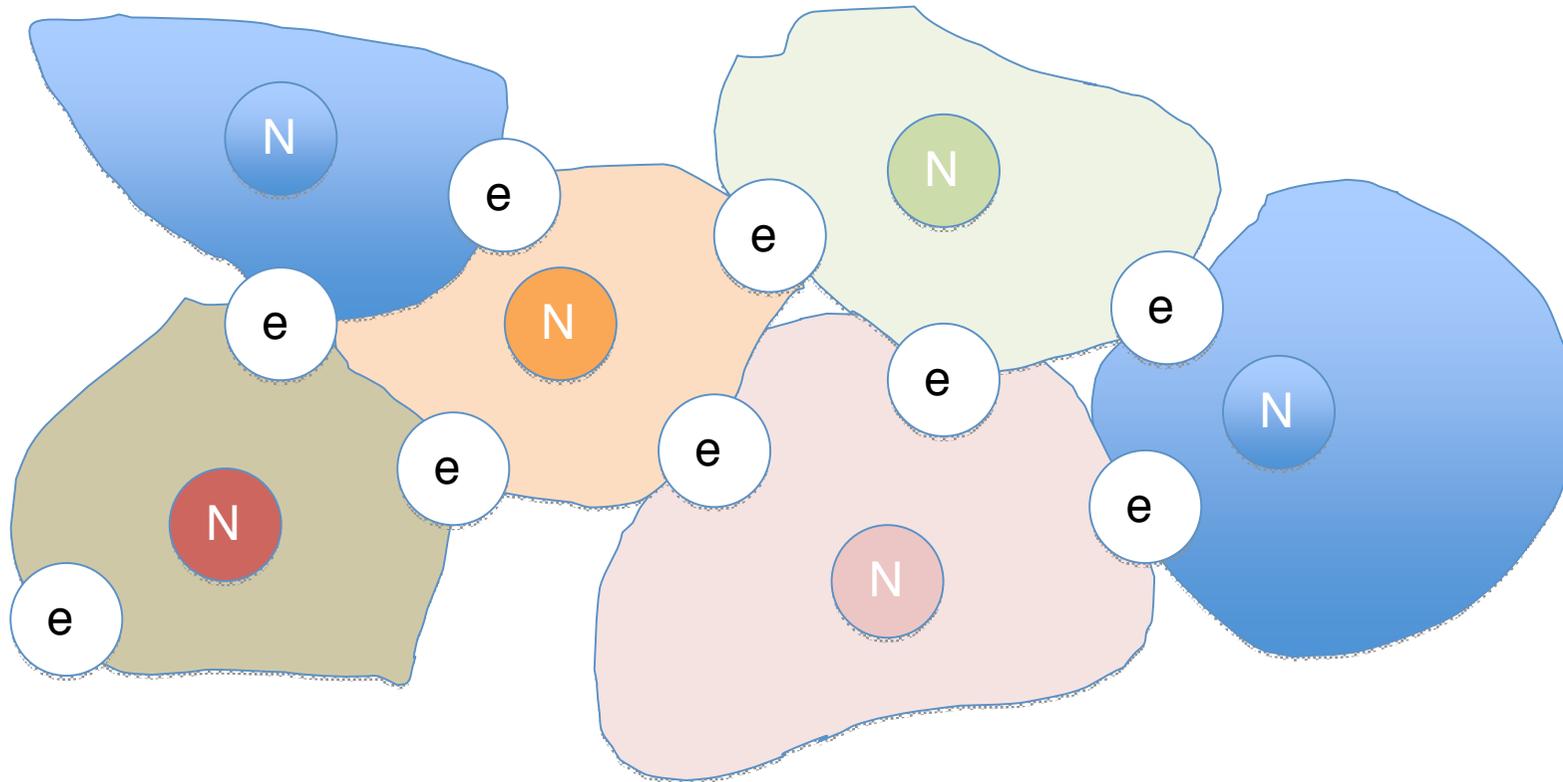
MAC multi-canal

❖ Surdité



MAC multi-canal

- ❖ Découpage en molécules du réseau
 - ✓ Noyau fixe
 - ✓ Électrons *gravitent* autour des noyaux



MAC multi-canal

❖ Molecular MAC

- ✓ Construction de la molécule
 - Weakly Connected Dominating Set
 - Algorithme distribué auto-stabilisant
- ✓ Mécanismes protocolaires
 - CSMA-CA à l'intérieur d'une cellule
 - Un électron demande ses paquets de données
 - Pas de surdité
- ✓ Allocation des canaux
 - Un canal par noyau
 - Mécanisme de mesure
 - Algorithme distribué auto-stabilisant

Qualité de Service

❖ Une garantie différente

✓ Certains paquets de contrôle *doivent* arriver

- Maintien des informations sur la topologie
- Hellos

✓ Priorité entre les données

- Charge ↗ ⇔ Délai ↗
- VoIP ≠ P2P

❖ Problème ouvert en multisauts

Trouver un chemin

❖ Trouver un chemin

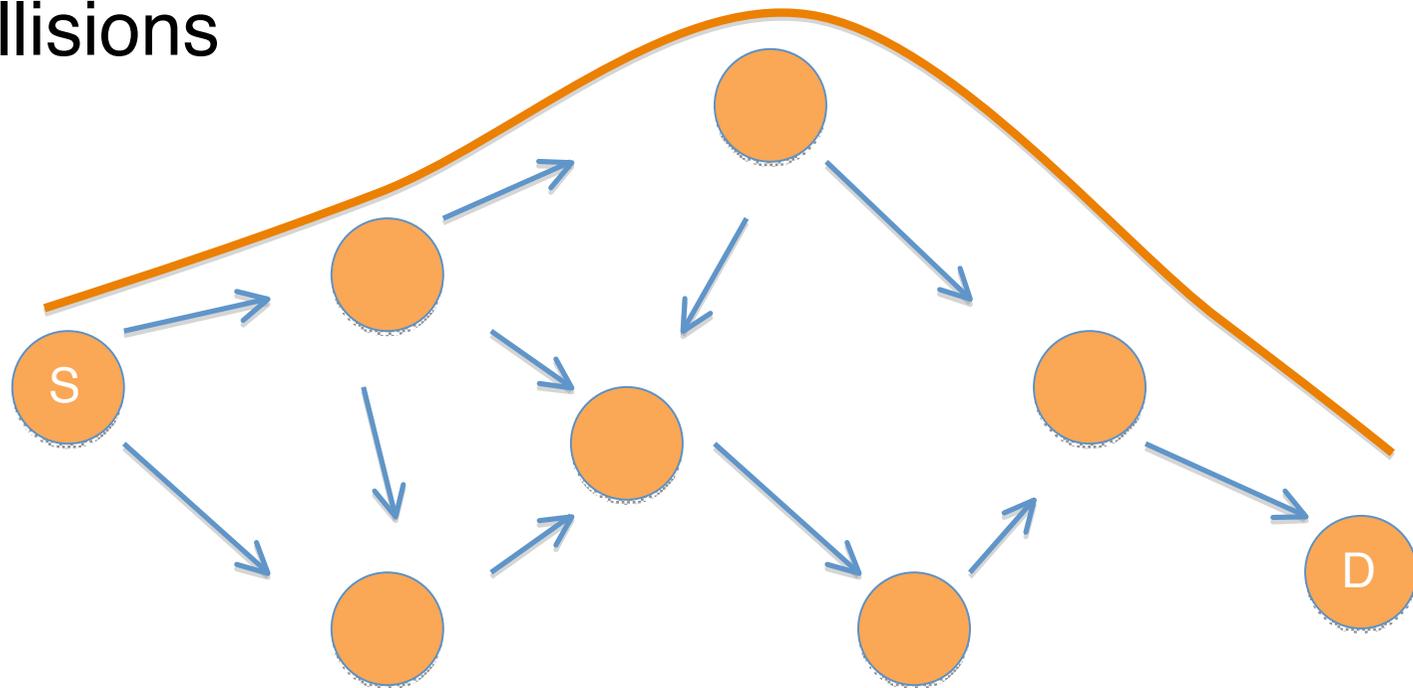
- ✓ Usuellement: Dijkstra ou Bellman-Ford
- ✓ Connaissance de toute la topologie

❖ Problématique

- ✓ Réseau à plat
 - Pas de liens d'agrégation
 - Comment répartir le trafic spatialement ?
- ✓ Passage à l'échelle
 - Des centaines de routeurs radio
 - Encore plus de liens radio
- ✓ Dynamicité
 - Un routeur est ajouté / supprimé à la volée

Approche réactive

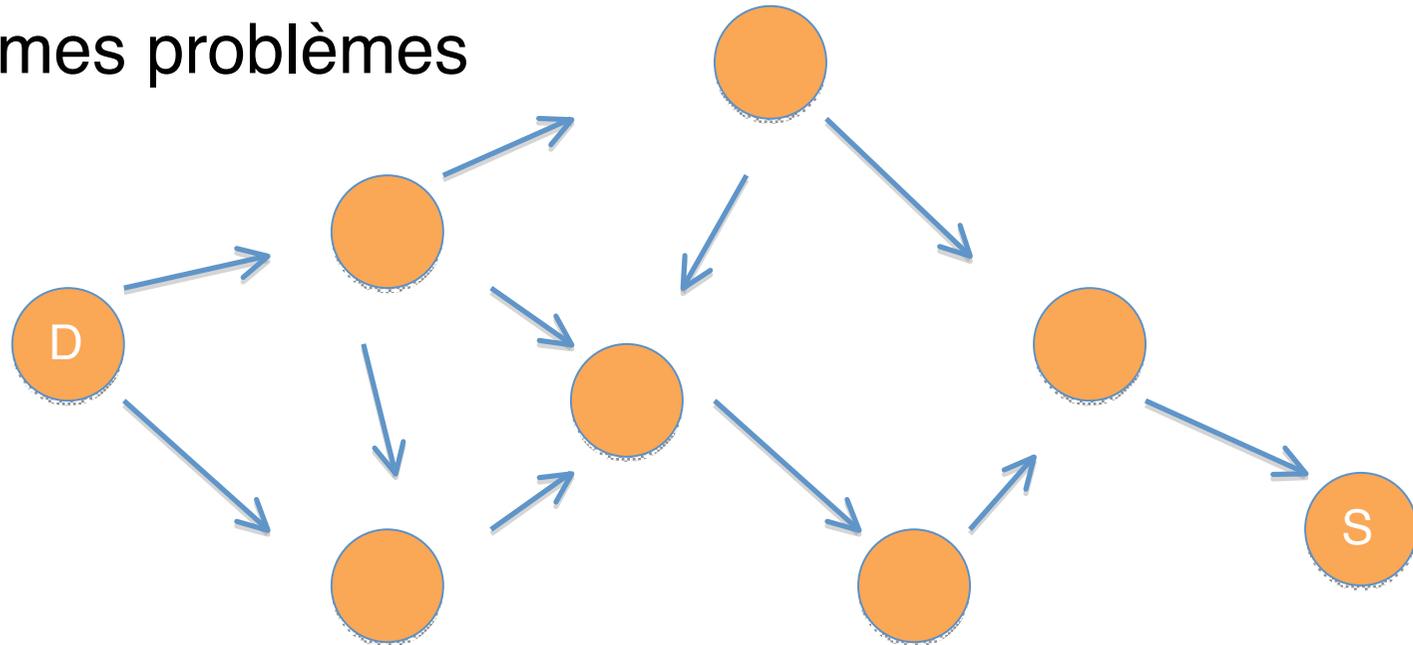
- ❖ La source demande à la destination où elle se trouve
 - ✓ Redondance
 - ✓ Collisions



Proche proactive

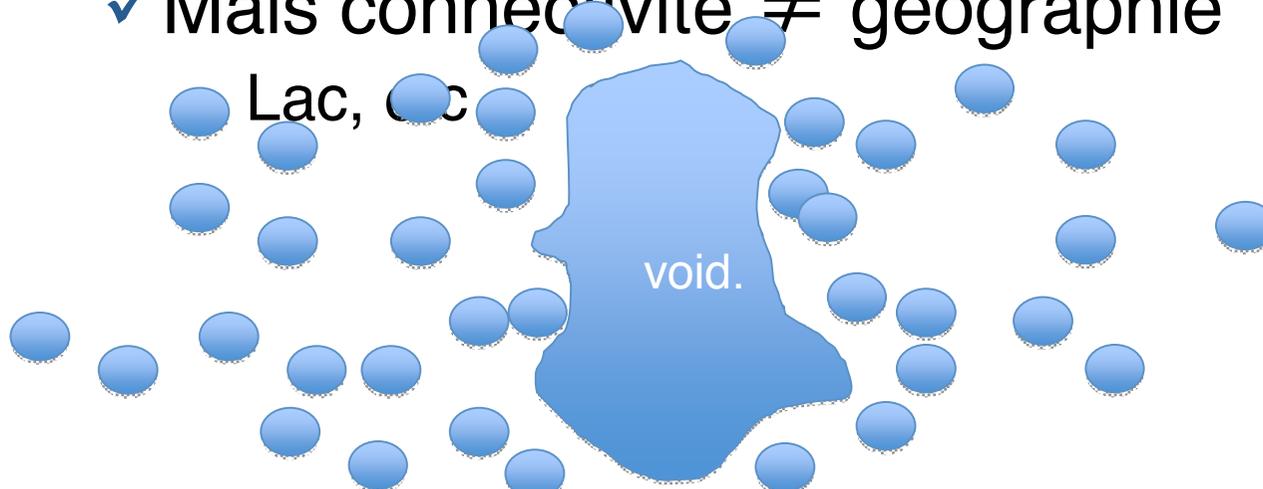
❖ Connaissance de la topologie

- ✓ Calcul de la plus courte route
- ✓ Envoi des paquets de topologie dans tout le réseau
- ✓ Mêmes problèmes



Approche géographique

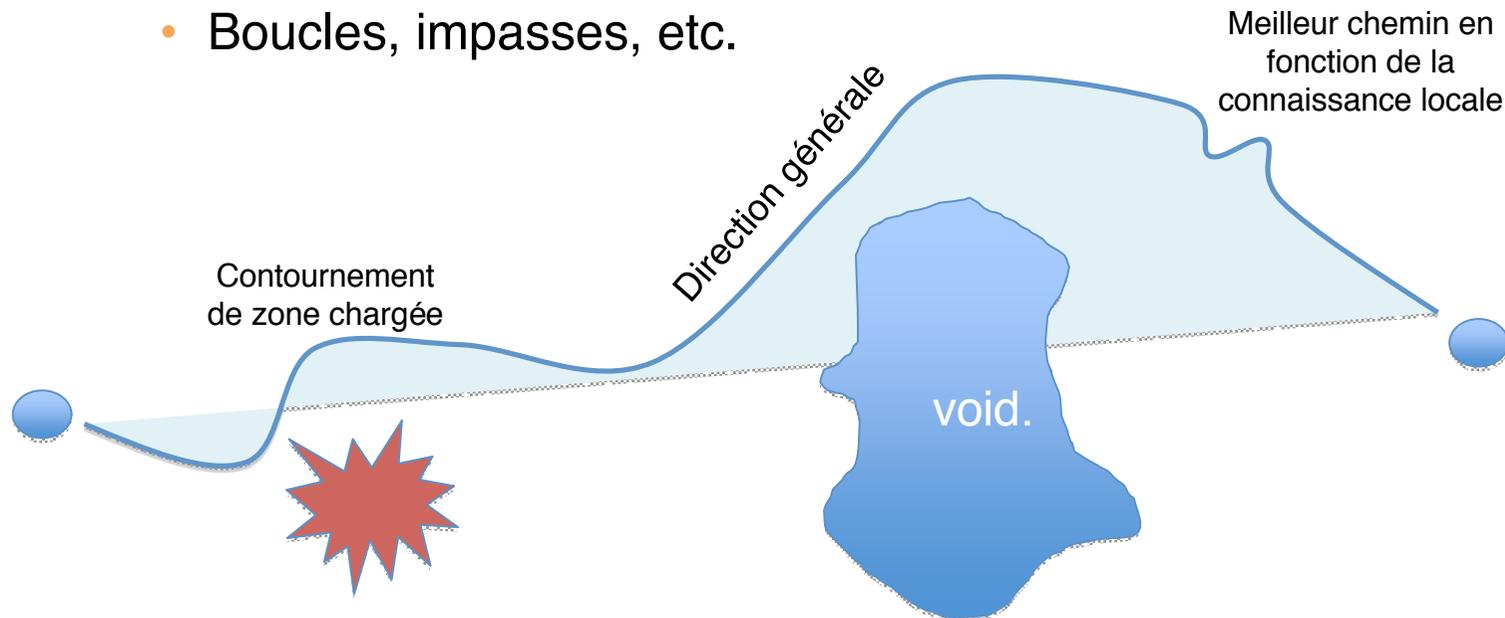
- ❖ Se rapprocher à chaque saut de la destination
 - ✓ Chacun connaît sa position
 - Approche gloutonne
 - Paquet relayé au nœud le plus proche de la destination
 - ✓ GPS
 - ✓ Mais connectivité \neq géographie



Protocoles hybrides

❖ Algorithmes multi-critères

- ✓ Se rapprocher de la destination
- ✓ Connaissance de la qualité des liens radio autour de nous
- ✓ Lorsque je rencontre une impasse
 - Contournement réactif
 - Qui servira aux paquets suivants
 - Force de répulsion du trou
- ✓ Garantie de livraison
 - Boucles, impasses, etc.



Les réseaux maillés : perspectives

- ❖ Expérimentations
 - ✓ Modélisation
 - ✓ Évaluation de performances
- ❖ Algorithmie distribuée
 - ✓ Des contraintes nouvelles
 - Médium diffusant
 - Dépendance des liens radio (interférences)
 - ✓ Optimisation
- ❖ Protocoles
 - ✓ Auto-adaptatifs
 - Auto-paramétrables (CW)
 - ✓ Auto-stabilisant