

Ethernet

Prof. Rami Langar

LIGM/UPEM

Rami.Langar@u-pem.fr

<http://perso.u-pem.fr/~langar>

Plan

- ❑ Introduction
- ❑ Topologie
- ❑ Format de trame
- ❑ CSMA/CD
- ❑ Interconnexion de LANs
- ❑ ARP

Introduction

- ❑ Ethernet partagé est inventé en 1970s
- ❑ Utilisé largement dans les réseaux locaux
- ❑ Ethernet commuté est introduit en 1990s
- ❑ De plus en plus utilisé dans les réseaux métropolitains, réseaux étendus et les accès xDSL
- ❑ Débits à 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, 1 Gbit/s, 10 Gbit/s

Objectifs de conception d'Ethernet

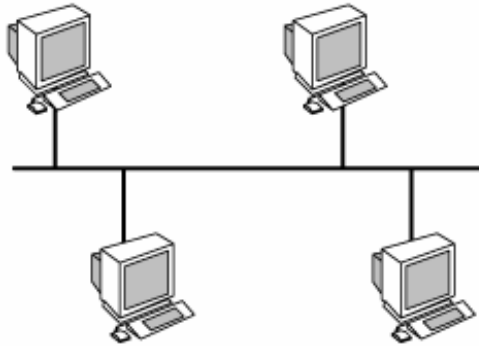
- ❑ débits allant de 1 à 10 Gbit/s
- ❑ distances géographiques d'au plus 1 km
- ❑ plusieurs centaines de nœuds
- ❑ simplicité
- ❑ fiabilité
- ❑ dépendance minimale vis-à-vis d'un composant central
- ❑ utilisation efficace des ressources partagées, en particulier du réseau lui-même
- ❑ stabilité sous forte charge
- ❑ accès équitable pour tous les nœuds
- ❑ facilité d'installation pour un petit réseau et évolution sans remise en cause de l'existant
- ❑ facilité de reconfiguration et de maintenance
- ❑ coût peu élevé

Coupleur Ethernet

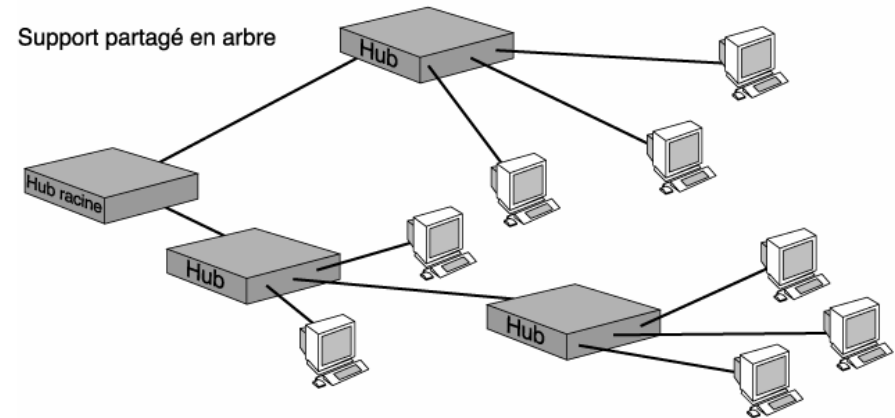


Source d'image: http://www.macsense.com/product/transceiver/e450_b.html

Topologie – Ethernet partagé



Support partagé en bus



Support partagé en arbre

Ethernet 10Base5

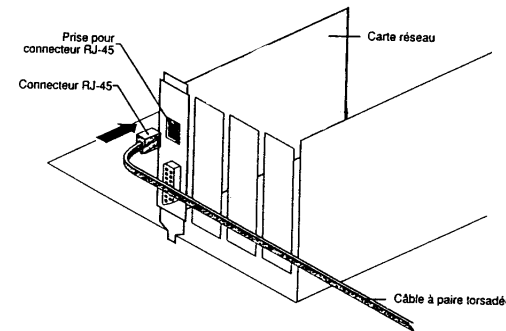
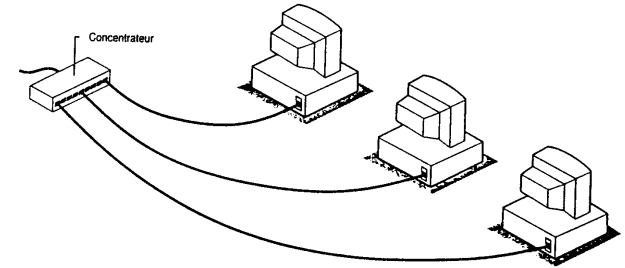
- ❑ topologie en bus
- ❑ débit : 10 Mbit/s
- ❑ codage en bande de base (Manchester)
- ❑ taille max. du réseau : 2,5 km
- ❑ longueur max. d'un segment : 500 m
- ❑ # max. de stations par segment : 100
- ❑ raccordement des stations au câble coaxial par :
 - câble de liaison (50 m max.)
 - transceiver (émetteur-récepteur)
- ❑ distance min. entre 2 transceivers : 2,5 m
- ❑ câble coaxial épais RG11 dit câble jaune
- ❑ bouchon de terminaison 50 Ω

Ethernet 10Base2

- ❑ topologie en bus
- ❑ débit : 10 Mbit/s
- ❑ codage en bande de base (Manchester)
- ❑ taille max. du réseau : 925 m
- ❑ longueur max. d'un segment : 185 m
- ❑ # max. de stations par segment : 30
- ❑ transceiver intégré dans la carte
- ❑ distance min. entre 2 transceivers : 0,5 m
- ❑ câble coaxial fin RG58 dit câble noir
- ❑ bouchon de terminaison 50 Ω

Ethernet 10BaseT

- ❑ débit : 10 Mbit/s
- ❑ topologie physique en étoile
- ❑ topologie logique en bus grâce aux hubs
- ❑ distance max. d'une station au hub : 100 m
- ❑ codage en bande de base (Manchester)
- ❑ paires Torsadées
 - une paire en émission
 - une paire en réception
- ❑ connecteur RJ45
- ❑ en tenant le connecteur face à soi avec le clip de fixation vers le haut, les broches sont numérotées de 1 à 8 de la gauche vers la droite



Format de trame (1)

8 6 6 2 46 – 1500 4 (octets)

Préambule	Adresse Destination	Adresse Source	Type	Données	CRC
-----------	---------------------	----------------	------	---------	-----

□ Préambule (8 octets)

- 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010
10101010 10101010 10101011
- Permettre au récepteur de synchroniser avec le signal et d'en reconnaître le début de la trame

Format de trame (2)

- Adresse destination (6 octets)
 - Adresse du coupleur destinataire
 - Exemple: 88-B2-2F-54-1A-0F
- Adresse source (6 octets)
 - Adresse du coupleur source
- Type
 - Indiquer le protocole au niveau supérieur
 - 0x0800: IPv4
 - 0x86DD: IPv6
 - 0x0806: ARP
 - 0x8035: RARP

Format de trame (2)

- Données (46 à 1500 octets)
 - Transporter le paquet IP
 - MTU (Maximum Transmission Unit) = 1500 octets
- Cyclic Redundancy Check (CRC) (4 octets)
 - Permettre au récepteur de détecter les erreurs binaires dans la trame sauf le préambule
 - Émetteur et récepteur utilisent le même *polynôme générateur* $G(x)$
 - $$G(x) = X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$$

Protocole d'accès

- ❑ Les nœuds dans Ethernet partagé sont interconnectés par un support partagé
- ❑ Quand un coupleur émet une trame, tous les autres coupleurs reçoivent la trame
- ❑ Un coupleur recevant une trame avec une adresse destination qui n'est pas la sienne ignore la trame
- ❑ Pour éviter les collisions quand deux nœuds envoient leurs trames sur le supports en même temps, Ethernet utilise l'algorithme CSMA/CD

CSMA/CD (1)

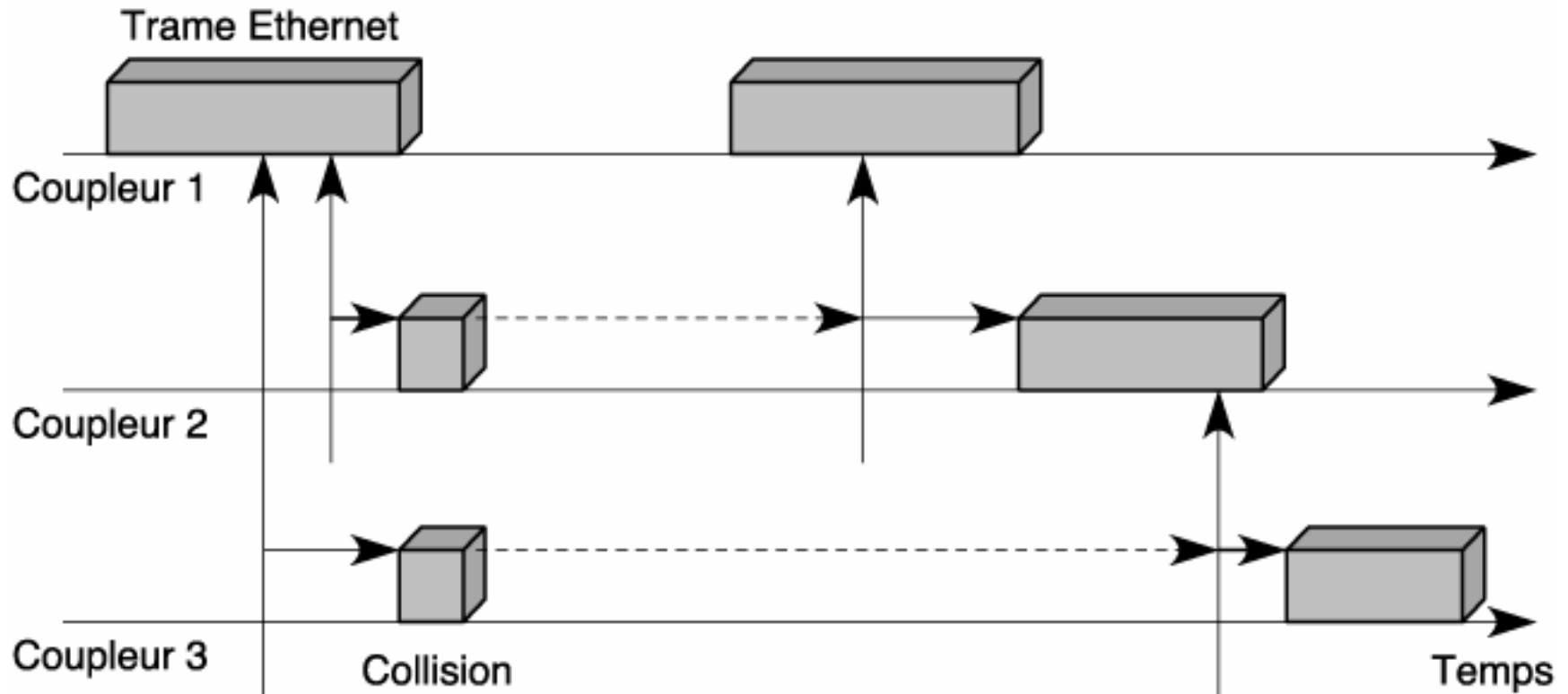
- ❑ Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
- ❑ Un coupleur ayant un paquet IP à envoyer prépare une trame Ethernet et la met dans une file d'attente
- ❑ Le coupleur écoute le support
 - Si le support est libre, il émet la trame
 - Si le support est occupé, il attend que le support soit libre
- ❑ Pendant l'émission de la trame, le coupleur continue à écouter le support pour détecter s'il y a des signaux venant d'autres coupleurs (i.e. pour détecter des collisions)
 - Si aucune collision n'est détectée jusqu'à la fin de l'émission de la trame, la trame est envoyée avec succès
 - Si une collision est détectée, le coupleur arrête la transmission de la trame, envoie le signal de « jam », et entre dans la phase de Back-off pour la retransmission de la trame

CSMA/CD (2)

□ Phase de Back-off

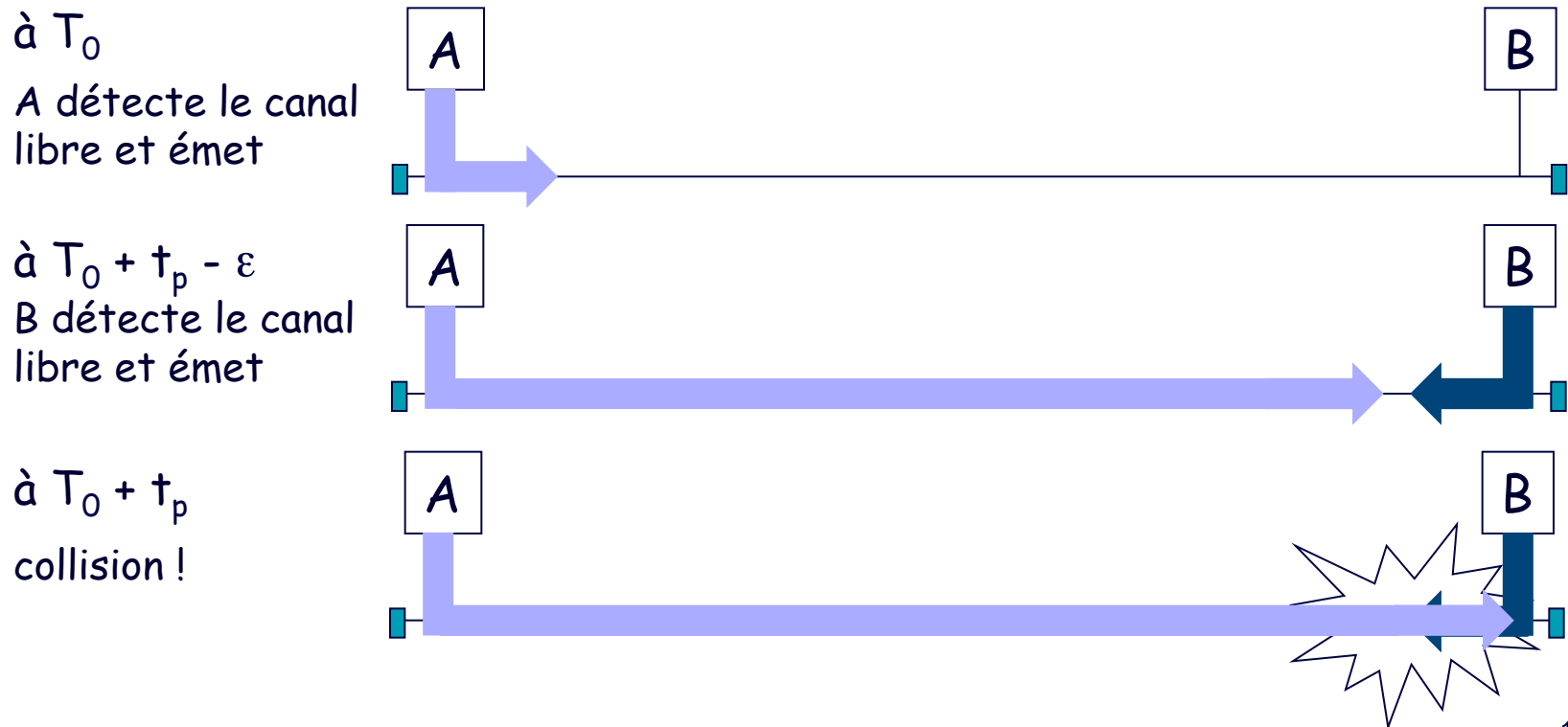
- Après n collisions consécutives pour une trame donnée, le coupleur choisit une valeur aléatoire K entre $\{0, 1, 2, \dots, 2^m - 1\}$ et attend $\{K * 512 \text{ bit-times}\}$ pour la prochaine tentative d'émettre la trame
 - $m = \min(n, 10)$
 - Bit-time = $0.1 \mu\text{s}$ pour un Ethernet à 10 Mbit/s

CSMA/CD (3)



Influence du temps de propagation

- Pourquoi peut-il y avoir encore des collisions ?
 - deux stations A et B, situées aux extrémités d'un bus
 - d la distance les séparant et v_p la vitesse de propagation sur le bus
 - t_p le temps de propagation entre A et B : $t_p = d / v_p$



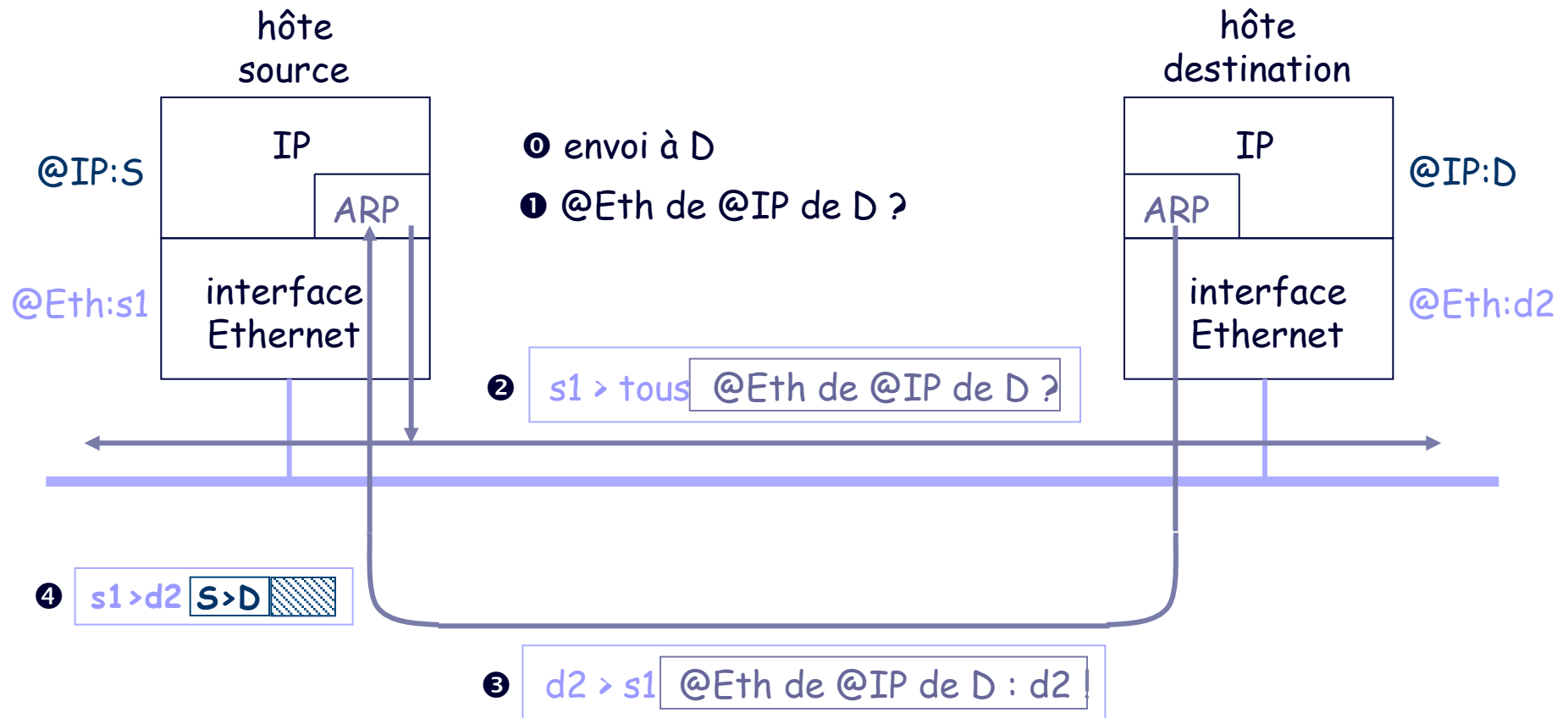
Taille de réseau

- Soit un réseau Ethernet partagé au débit D et avec une longueur minimale de la trame M
 - $M/D \geq 2 * L/V$
 - L : la taille maximale du réseau
 - V : la vitesse de propagation du signal
- Exemple
 - $M = 64$ octets, $D = 10$ Mbit/s, $V = 200\,000$ km/s
 - $L \leq 5,12$ km

ARP (1)

- ❑ Address Resolution Protocol
- ❑ Un terminal veut envoyer un paquet IP à un autre terminal sur le même réseau Ethernet
- ❑ L'émetteur doit connaître l'adresse MAC du récepteur pour préparer la trame Ethernet
- ❑ Le protocole ARP permet à l'émetteur de trouver l'adresse MAC du récepteur à partir de son adresse IP (i.e. adresse IP du récepteur)

ARP (2)



ARP (3)

□ Table ARP

```
C:\Users\Univ P & M Curie>arp -a
```

```
Interface : 192.168.0.2 --- 0x9
```

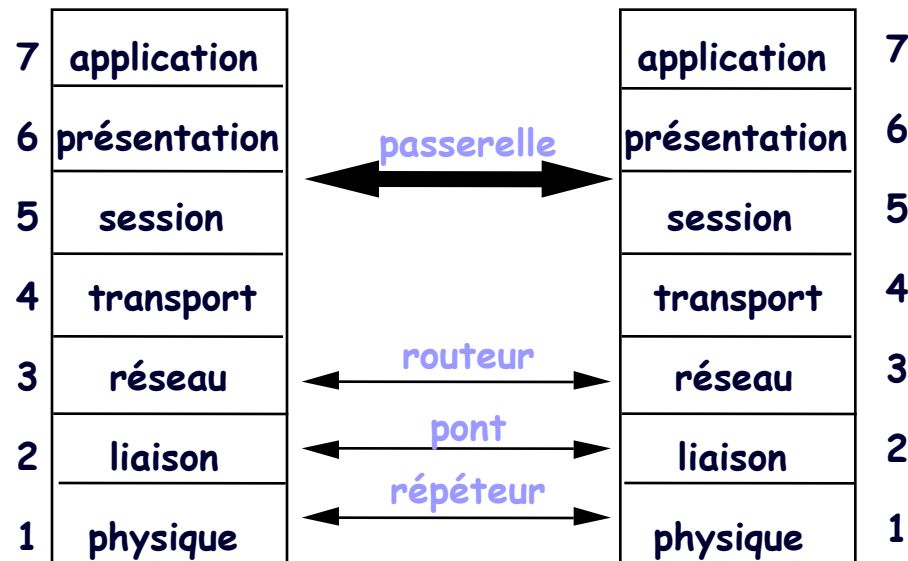
Adresse Internet	Adresse physique	Type
192.168.0.254	00-07-cb-3e-d2-91	dynamique
192.168.0.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	statique
224.0.0.22	01-00-5e-00-00-16	statique
224.0.0.252	01-00-5e-00-00-fc	statique
239.255.255.250	01-00-5e-7f-ff-fa	statique

Interconnexion de LAN

□ Problématique

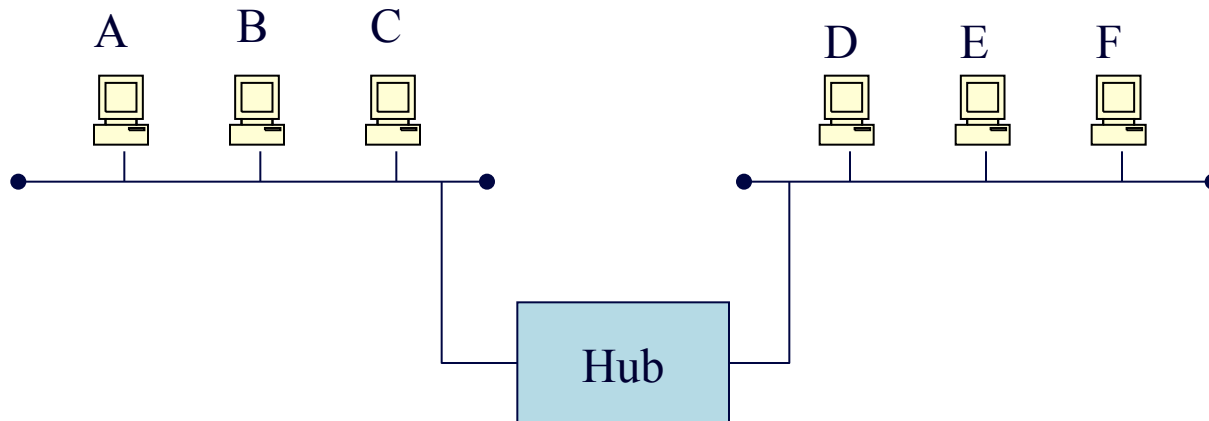


□ les solutions



Le répéteur (Hub)

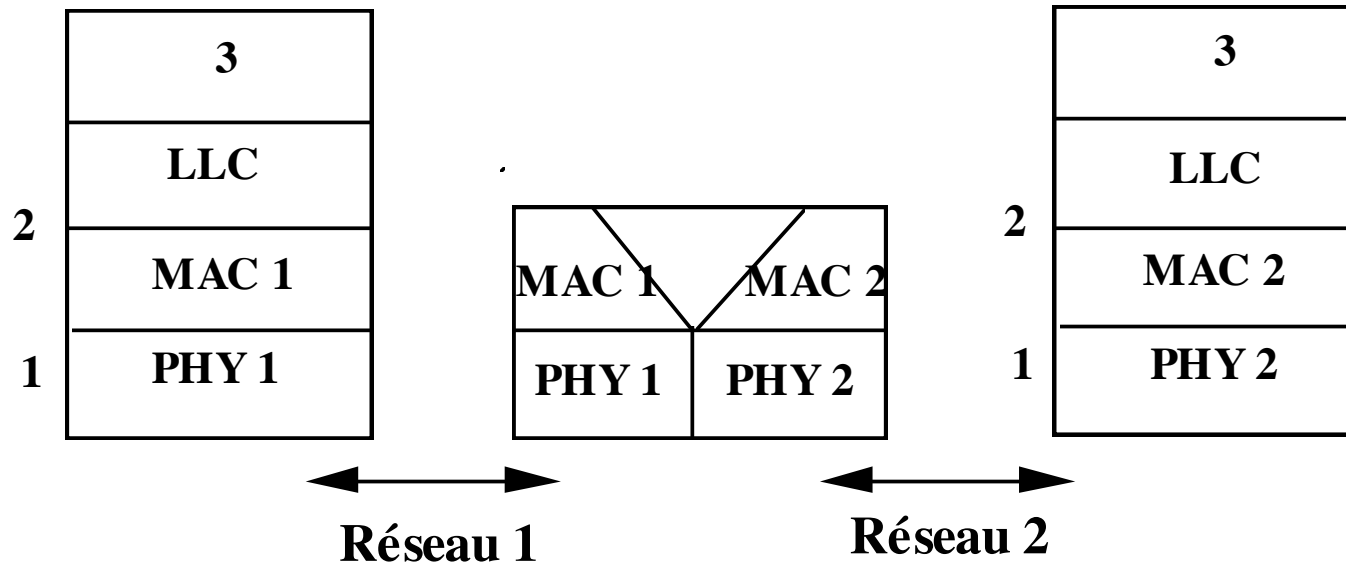
- ❑ interconnexion au niveau de la couche physique
- ❑ permet l'interconnexion de 2 segments ➔ augmenter la distance
- ❑ ne possède pas d'@MAC
- ❑ régénère le signal pour compenser un affaiblissement ou changer de média (câble coaxial à paire torsadée)
 - Répéter le signal reçu d'un port d'entrée vers tous les ports de sortie
- ❑ n'effectue aucun filtrage
- ❑ aucune administration



Une trame envoyée par A à B est reçue par toutes les stations B, C, D, E, F

Le pont (*bridge*)

- interconnexion au niveau MAC
- permet de
 - structurer un réseau d'entreprise en le segmentant physiquement
 - rallonger un réseau local
 - relier deux réseaux de technologies différentes
- possède une @MAC (transparente pour les stations)



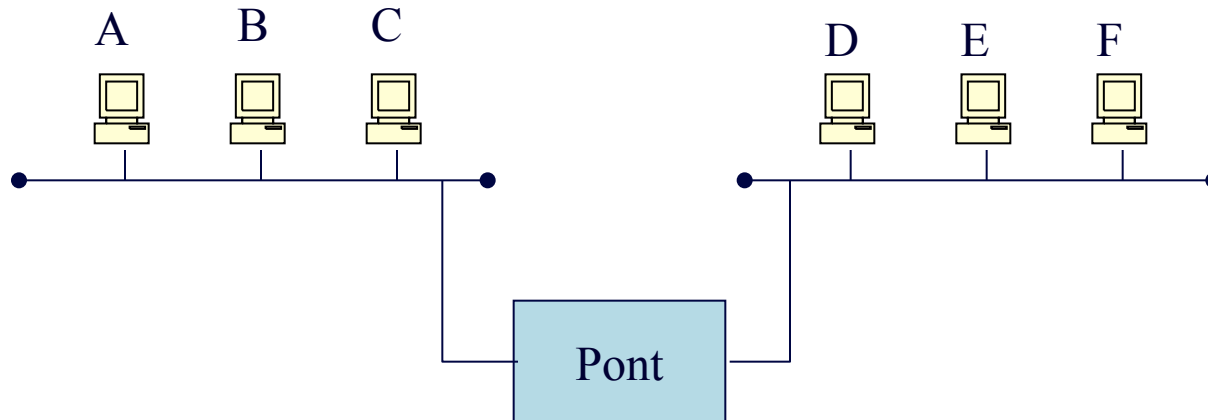
Le pont (*bridge*)

□ difficultés

- les LAN peuvent utiliser un format de trame différent → reformatage
- le pont peut constituer un goulet d'étranglement lorsque
 - les LAN ont des débits différents et que le pont relaie une communication d'un LAN rapide vers un LAN plus lent
 - plusieurs communications ont le même port de sortie

Le pont (*bridge*)

- fonctions supplémentaires
 - filtrer le trafic non destiné à un segment
 - ne pas laisser passer les trames destinées à une station sur le même segment
 - apprentissage des infos de filtrage
 - administration à distance (agent SNMP)



Une trame envoyée par A à B n'est reçue que par les stations de même segment (B et C)

Commutateur (Switch)

- ❑ Équipement réseau au niveau trame
- ❑ Réduire à une station par segment → Ethernet commuté
- ❑ Ne plus avoir de collision
- ❑ 2 méthodes de commutation

store and forward

réception intégrale de la trame

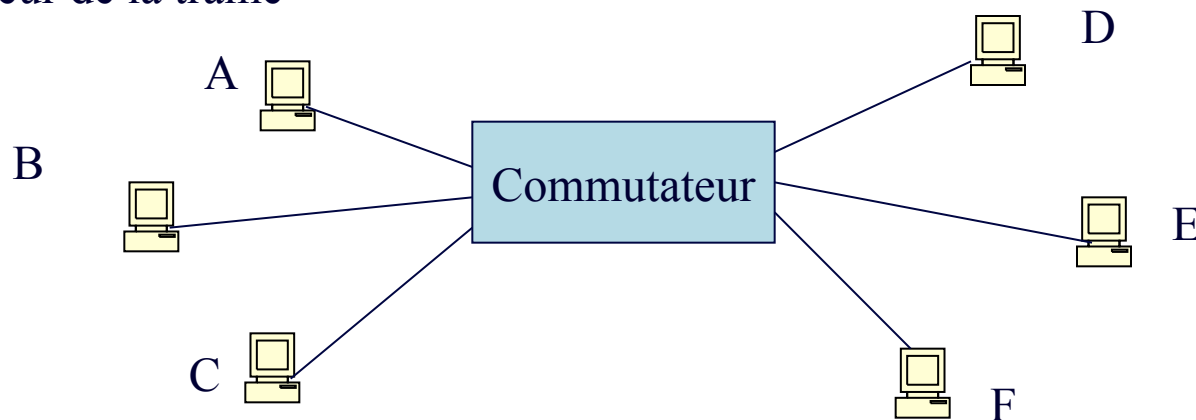
puis stockage, choix du routage,
et retransmission vers un port de sortie

- ☺ 100 vers 10 Mbit/s possible
- ☺ filtrage d'erreurs
- ☹ temps de latence fonction de la longueur de la trame

fast forward ou on the fly

retransmission de la trame en
sortie dès le décodage des bits
de l'adresse destinataire

- ☹ 100 vers 10 Mbit/s impossible
- ☹ pas de filtrage d'erreurs
- ☺ latence faible



Ethernet commuté

- un LAN 10BaseT dans lequel on aurait remplacé le *hub* par un commutateur (*switch*) Ethernet
 - comparable à un pont multi-port
- protocole modifié
 - pas de détection de collisions
- paires torsadées utilisées en *full-duplex*
 - la station peut simultanément émettre et recevoir
- débits variables selon le port
 - 1, 10, 100, 1000 Mbit/s