

# Les Réseaux locaux

## PLAN

- Généralités sur les réseaux locaux
  - définitions, caractéristiques et constituants d'un LAN
  - normalisation
- Etude générale des couches 1 et 2
  - Services physiques
  - Couche MAC
  - Couche LLC
- Les réseaux à accès aléatoires (CSMA/CD)
  - Principe du CSMA/CD
  - Format des trames Ethernet/IEEE802.3
- Différentes versions d'Ethernet
- La commutation dans les réseaux locaux
- Les réseaux locaux virtuels (VLAN)
- L'anneau à jeton (Token Ring-IEEE802.5)
- Le jeton adressé (Token Bus-IEEE802.4)

## Généralités sur les réseaux locaux

Qu'est ce qu'un réseau local?

Evolution des réseaux informatiques

Caractéristiques et constituants d'un LAN

Couches 1 et 2 dans les LAN

Normalisation

### Qu'est ce qu'un réseau local?

- C'est un ensemble de **moyens autonomes de calculs** reliés entre eux pour s'échanger des informations et partager des **ressources matérielles ou logicielles**
- Moyens autonomes de calcul
  - micro-ordinateurs
  - stations de travail
  - imprimantes, fax,...
  - PDA, téléphones portables,...
- Ressources matérielles partagées
  - imprimantes, photocopieurs, scanners, graveurs
  - espaces disque,...
- Ressources logicielles partagées
  - programmes, fichiers,...
  - bases de données
  - messagerie
- On trouve généralement dans un réseau local
  - Un serveur de fichiers, d'impressions, de messagerie, de gestion des comptes utilisateur, de licences, de routage sécurisé vers Internet, web...
- LAN-Local Area Network
  - Un réseau local couvre en principe une surface géographique peu étendue (étage ou bâtiment) dans la classification LAN/MAN/WAN
- RLE-Réseau Local Étendu ou d'Entreprise
  - Un réseau local qui peut s'étendre sur plusieurs bâtiments ou sites
  - Abstraction de la notion d'étendue géographique

# Evolution des réseaux informatiques

- Deux problèmes majeurs dans les réseaux informatiques
  - Où s'effectuent les traitements (exécution des programmes)?
  - Quelle est la politique d'accès au réseau?
- Les premiers réseaux informatiques...
  - Un ordinateur central qui effectue tous les traitements
  - Des terminaux passifs dotés d'aucune puissance de calcul mais qui permettent uniquement de lancer certains programmes sur l'ordinateur central->partage du temps CPU de l'ordinateur central entre les différents terminaux
  - l'ordinateur central contrôle les échanges et les accès des terminaux secondaires (relation maître/esclave)
- Les réseaux locaux...
  - Des **serveurs** mettent à disposition des **clients** certaines ressources partagées
  - Les postes client (ou stations) disposent d'une puissance de calcul
    - Ils exécutent certains programmes en local et émettent des requêtes vers les serveurs pour disposer d'un service particulier non disponible localement
  - Le contrôle d'accès au réseau est décentralisé
  - Il est maintenant fréquent que chaque station mette à disposition des autres un certain nombre de ressources (on parle alors de système peer-to-peer, chaque poste est à la fois client et serveur)

## Caractéristiques d'un réseau local

- Distances courtes entre les terminaux
  - Entre 100m et 1km
- Bande passante élevée
  - 10Mb/s, 100Mb/s, 1Gb/s
- Médium de communication partagé
  - Il faut gérer l'accès au médium (différentes méthodes)
- Environnement distribué
  - Chaque élément peut mettre des ressources à disposition des autres et/ou accéder à des ressources

distantes

- Les équipements et les données sont partagées

## Les couches 1 et 2 des LAN

- LAN/OSI
  - OSI: mode point à point au niveau des couches 1 et 2
  - LAN: un support unique en mode diffusion

<b>LLC</b>	<b>Logical Link Layer</b>	<b>2</b>	<b>Liaison de données</b>
	<b>Medium Access Control</b>		
<b>MAC</b>			
<b>PMI</b>	<b>Physical Medium Independent</b>	<b>1</b>	<b>Physique</b>
	<b>Physical Medium Dependant</b>		
<b>PMD</b>			
<b>Réseau Local</b>		<b>OSI</b>	

## Constituants d'un réseau local

- Un câblage reliant les différents nœuds suivant une certaine topologie
- Une méthode d'accès au support pour assurer son partage
- Une méthode d'adressage pour identifier chaque entité du réseau
- Un ensemble de protocoles pour permettre la communication
- Des applications qui utilisent les protocoles de communication


## Les couches 1 et 2 des LAN

- PMD-Physical Medium Dependent
  - Assure le transfert des données (bits) sur des supports variés
    - Câble coaxial, paire torsadée, fibre optique, sans fil
- PMI-Physical Medium Independent
  - Détection de la présence d'un signal, codage, récupération d'horloge (synchronisation)
- MAC-Medium Access Control
  - Contrôle de l'accès partagé au support et contrôle d'erreur
- LLC-Logical Link Control
  - établissement/rupture de la connexion, gestion de la liaison logique

## L'adressage

- OSI: adressage au niveau de la couche réseau (3)
- LAN: un niveau d'adressage supplémentaire
  - Chaque interface (point d'accès au réseau) est distinguée par une **adresse physique** ou **adresse MAC**
  - Le message n'est transmis à la couche réseau que s'il concerne l'interface destinataire
  - évite d'interrompre le processeur hôte de chaque poste raccordé pour chaque message transmis et pour s'apercevoir finalement que le message ne lui était pas destiné...

## Normalisation

- Février 1980: groupe de travail 802 de l'IEEE chargé de définir des standards relatifs aux LAN
- 1998: l'ISO normalise la plupart de ces standards
- Les sous-groupes du groupe 802
  - **802.1**: architecture générale des réseaux locaux, format d'adressage, techniques d'interconnexion et d'administration
  - **802.2**: protocoles LLC divisés en trois classes de services
    - LLC1 : mode non connecté (pas de reprise sur erreur, pas de contrôle de séquençement et de duplication)
    - LLC2 : mode connecté proche d'HDLC
    - LLC3 : mode non connecté mais avec acquittement (détection d'erreur)
- Les sous-groupes du groupe 802
  -  **802.3 à 802.6** et **802.11 à 802.14**: spécifications des différentes méthodes d'accès
  - **802.7** et **802.8**: coordination des autres sous-groupes pour les besoins large bande (802.7) et fibre optique(802.8)
  - **802.9**: intégration de la voix et des données
  - **802.10**: sécurité des transmissions (chiffage des données)
  - **802.11**: sans fil (WLAN) infrarouge ou hertzien
  - **802.15**: Bluetooth

Couche 2 OSI MAC	802.2 LLC Logical Link Layer						
	802.3 CSMA/CD	802.4 Token bus	802.5 Token ring	802.6 DQDBMAN	802.9 Voix/Data	802.11 Sans fil	802.12 AnyLAN
Couche 1 OSI	Bus	Bus à jeton	Anneau À jeton	Double bus			Etoile
	Support physique						

## Etude générale des couches 1 et 2

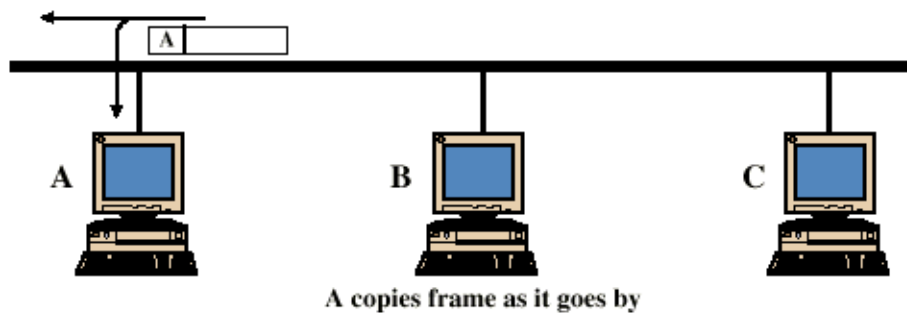
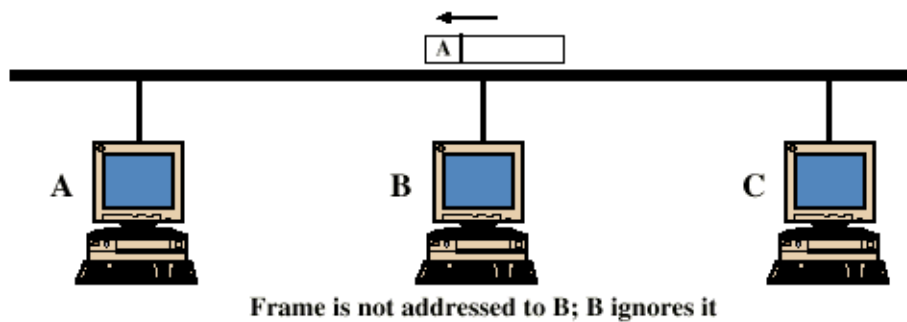
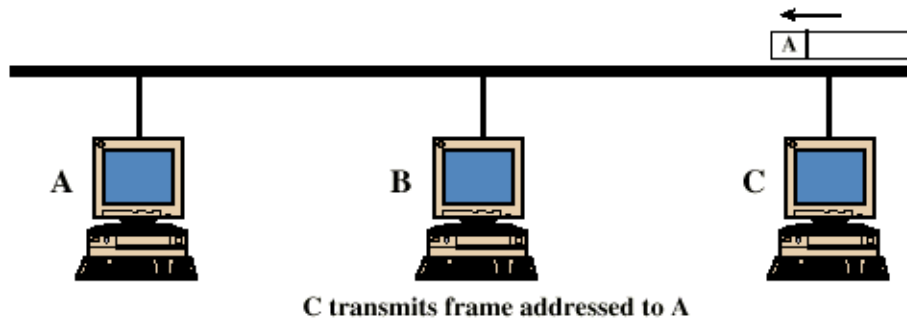
Services physiques  
Couche MAC Couche LLC

### Topologies et méthodes d'accès

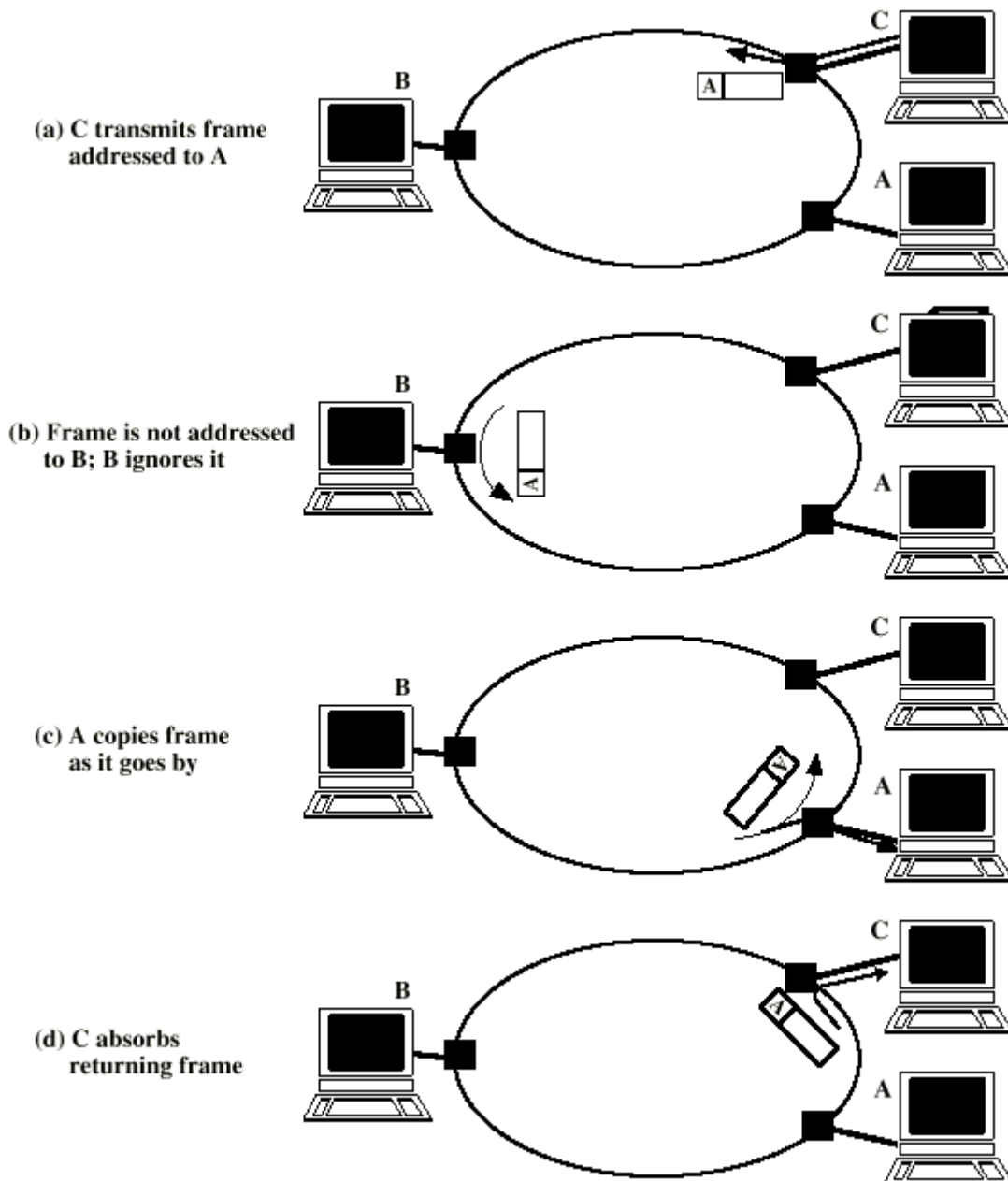
- Arbre (Tree)
- Bus
- Cas particulier des arbres (un segment, pas de branches)
- Anneau (Ring)
- Etoile (Star)

La méthode d'accès utilisée dépend de la topologie du réseau sous-jacent

- Topologie en bus et en arbre
- Support Multipoints
- Les signaux de transmission se propagent sur tout le support
- Les messages sont reçus par l'ensemble des stations connectées (diffusion)
  - Besoin d'identifier la station ciblée
    - chaque station a une adresse unique
- Les connexions sont en Full duplex entre les stations
  - Permettent les transmissions et les réceptions
  - Besoin de régulation de la transmission afin d'éviter les collisions
- Les équipements de terminaison absorbent les trames à l'extrémité du support
  - Une station peut accéder à tout moment au support
    - > problème si deux stations décident d'émettre en même temps (collision)
  - 802.3 (Ethernet): une station vérifie avant d'émettre qu'aucune autre station n'est déjà entrain d'émettre
  - 802.4 (Token Bus): chaque station se voit attribuer tour à tour le droit d'émettre (circulation d'un jeton)



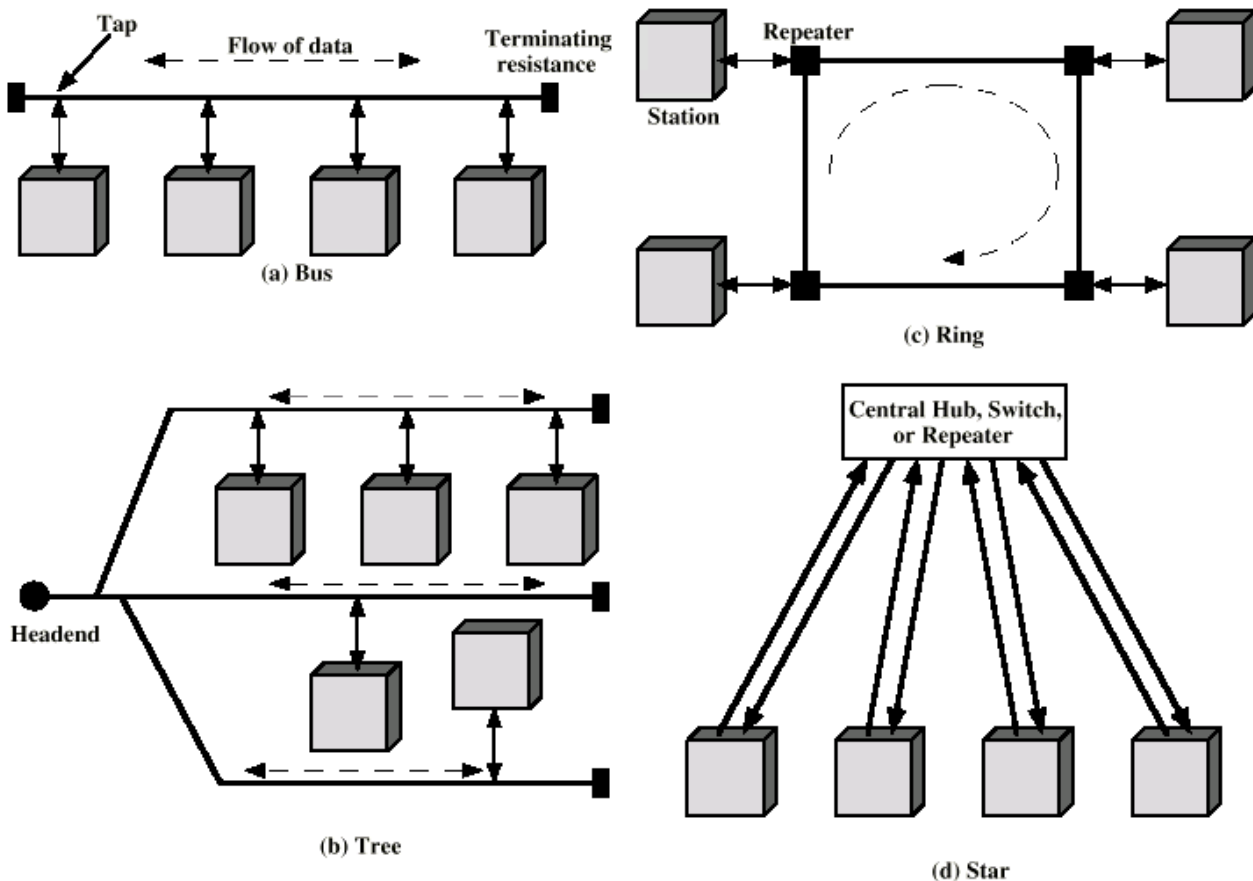
- Topologie en anneau
- Répéteurs joints par des liaisons point à point dans une boucle fermée
- Circulation des trames dans l'anneau
  - traversent toutes les stations
  - Circulation unidirectionnelle du message de proche en proche jusqu'à atteindre le destinataire
  - La destination reconnaît son adresse et prend une copie de la trame
  - La trame revient à la station source qui l'enlève de l'anneau
  - 802.5 (Token Ring): le droit d'émettre est transmis par l'intermédiaire d'un jeton qui circule de station en station sur l'anneau.



- Topologie en étoile
- Chaque station est connectée directement au noeud central via 2 liaisons point à point
- Le noeud central peut diffuser
  - Etoile physique, bus logique
  - Une seule station peut émettre à la fois
- Le noeud central joue le rôle de commutateur de trame
  - N liaisons point à point au tour d'un concentrateur qui peut éventuellement participer à la distribution de l'accès au support
  - Une station qui désire émettre peut formuler une demande au concentrateur (802.12)



- Accès aléatoires avec écoute du canal (802.3/Ethernet)
  - Protocole très simple à mettre en œuvre (pas d'échange d'information entre les équipements pour gérer le droit de parole) -> peu coûteux
- Accès contrôlés
  - Gestion centralisée par un concentrateur (802.12)
  - Gestion décentralisée : système à jeton
    - Jeton adressé (Token bus)-protocole complexe qui garantit une borne maximale pour le temps d'émission
    - Jeton non adressé (Token ring) circulation plus simple du jeton



## Topologie physique/logique

- La topologie physique indique comment les différentes stations sont physiquement raccordées (câblage)
- La topologie logique décrit comment est distribué le droit d'émettre
- Dans un anneau, si une station tombe en panne, tout l'anneau est interrompu
- Utilisation d'un concentrateur MAU Multiple Access Unit ou Media Attachment Unit qui détecte les stations hors service
- Bus LANs

- Transmet dans les 2 directions
- Joins 2 segments du câble
- Pas de bufferisation
- Pas d'isolation logique des segments
- Si 2 stations se trouvant sur un même segment émettent en même temps, les paquets entrent en collision
- Seulement un chemin de segments et de répéteurs entre 2 stations quelconques.
  
- Ring LANs
  - Chaque répéteur se connecte à deux autres via des liaisons de transmission unidirectionnelles
  - Simple chemin fermé
  - Données transférées bit par bit d'un répéteur à l'autre
  - Le répéteur régénère et retransmet chaque bit
  - Le répéteur effectue l'insertion, la réception et la suppression de données
  - Le répéteur agit comme point d'attache
  - Paquet enlevé par l'émetteur après un aller-retour
  
- Récapitulatif des méthodes d'accès
- Où ?
  - Central
    - Grand contrôle
    - Logique d'accès simple au niveau des stations
    - Evite les problèmes de coordination
    - Un seul point de panne
    - Goulot d'étranglement potentiel (bottleneck)
  - Distribué
- Comment ?
  - Synchrone
    - Capacité spécifique dédiée aux connexions
  - Asynchrone
    - En réponse à une demande

### **Les systèmes Asynchrones**

- Tour de rôle (Round robin)
  - ✓ Bon si plusieurs stations ont des données à transmettre sur de longues périodes
- Réserveation
  - ✓ Bon pour un trafic en série (en flux)
- Contention
  - ✓ Bon pour un trafic en rafales
  - ✓ Toutes les stations sont en compétition dans le temps
  - ✓ Distribuée
  - ✓ Simple à implémenter
  - ✓ Efficace sous une charge modérée
  - ✓ ont tendance à s'effondrer sous une charge lourde

## Les différents types de câbles

- Câble coaxial (ex. LAN, TV, Câble,...)
  - Supporte des distances plus grandes, plus résistant aux perturbations
  - Relativement coûteux, plus difficile à installer (rigidité du câble, encombrant)
- Fibre optique
  - Très coûteux, faible atténuation, très grande BP
  - Utilisée principalement dans le cœur des réseaux
  - Multimode (~1km) et monomode (~60km)

### Les câbles en paires torsadées

- Trois principaux types de câble
  - Paires torsadées non blindées (UTP) : les fils sont regroupés deux à deux et torsadés->réduit la diaphonie (passage du signal d'un fil à l'autre)
  - Paires torsadées écrantées (FTP) : idem mais écran aluminium
  - Paires torsadées blindées (STP) : chaque paire possède son propre écran
- Différentes catégories (standard ISO 11801) selon la bande passante sur 100m
  - Catégorie 2 : Utilisation jusqu'à 1MHz, téléphonie
  - Catégorie 3 : Utilisation jusqu'à 16MHz, Ethernet 10Mbps, Token Ring 4 Mbps, Localtalk, téléphonie
  - Catégorie 4 : Utilisation jusqu'à 20MHz, Ethernet 10Mbps, Token Ring 4 et 16 Mbps, Localtalk, téléphonie
  - Catégorie 5 : Utilisation jusqu'à 100MHz, Ethernet 10 et 100Mbps, Token Ring 4/16 Mbps, ATM 155Mbps
  - Catégorie 6,7 : En cours de normalisation, Gigabit Ethernet, ATM 1, 2Gbps

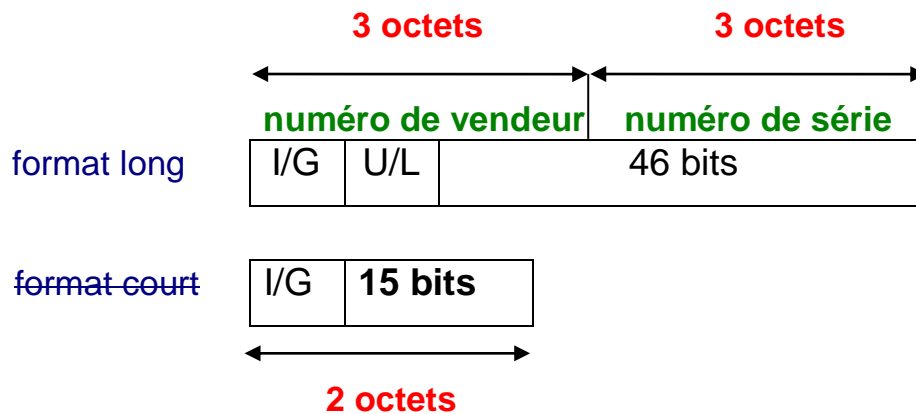
### La couche MAC

- Gestion de l'accès au support, problèmes d'adressage (adresse MAC), contrôle d'erreurs (FCS)
- Les méthodes d'accès aléatoires (ou à contention) **CSMA**-Carrier Sens Multiple Access (accès multiple avec écoute de la porteuse)
  - **CSMA/CA**-Collision Avoidance (AppleTalk, 802.11,...)
    - prévention de collision
    - AppleTalk obsolète : 230, 4kbit/s pour le partage d'imprimantes
  - **CSMA/CD**-Collision Detection (Ethernet)
    - détection de collision

- normalisé par IEEE802.3 et ISO8802.3

## L'adressage MAC IEEE 802.1

- L'adresse MAC désigne de façon unique une station sur le réseau (unicité assurée par l'IEEE)
- Adressage à plat : l'adresse ne donne aucune information sur la localisation de la machine
- Elle est gravée sur la carte d'interface réseau ou l'équipement par le fabricant
- Deux formats
  - adresse courte sur 16 bits pour réseaux locaux non interconnectés (n'est plus utilisée)
  - adresse longue sur 48 bits pour les réseaux interconnectés



**I/G=0** : adresse individuelle (unicast)

**I/G=1** : multicast ou broadcast

**U/L=0** : adresse universelle IEEE

**U/L=1** : adresse locale (unicité garantie par l'administrateur local)








Numéro de vendeur attribué par l'IEEE (RFC 1340)

ex: Cisco (00-00-0C), Sun (08-00-20), Xerox (00-00-AA)




- ✎ Numéro de série attribué par le constructeur
- ✎ Adresse de broadcast : FF-FF-FF-FF-FF-FF
- ✎ utilisée par les protocoles de résolution d'adresses
- ✎ la trame est délivrée à la couche supérieure
- ✎ utilisation néfaste pour les performances (IT CPU)

Ecriture de l'adresse




- ✎ le bit de poids faible est transmis en premier

-  I/G est le bit de poids faible de l'octet de poids fort
-  format IEEE (forme canonique) : bit de poids faible en tête, octet de poids fort devant, séparation des octets par :
-  80:00:00:00:00:00 signifie I/G=1 et U/L=0
-  utilisé par Ethernet
-  format non canonique : écriture inversée, octets séparés par -
-  03-00-00-00-00-00 signifie I/G=1 et U/L=1
-  utilisé par Token Ring


### Adresse de diffusion restreinte (multicast)

-  bit I/G=1 -> désigne un ensemble de stations
-  chaque station stocke une liste d'adresses de groupe (fournies par des applications qui utilisent le multicast) auxquelles elle doit répondre
-  le filtrage est réalisé au niveau MAC contrairement à la diffusion généralisée (broadcast)

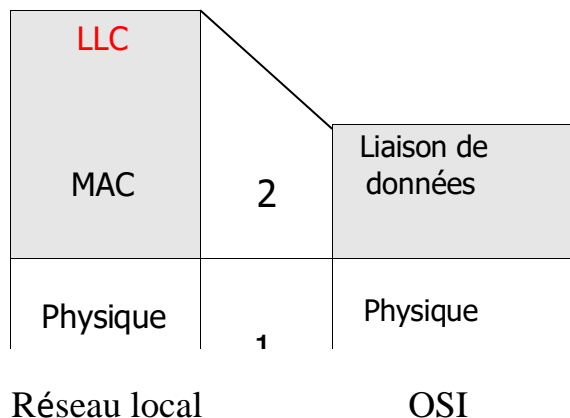
### Le contrôle d'erreur

-  La trame MAC contient une en-tête et en-queue spécifiques à chaque type de réseau
-  L'en-queue contient 4 octets pour le champ CRC ou FCS normalisé par l'IEEE : le polynôme générateur est le même quelque soit le réseau utilisé
-  La couche MAC rejette les trames erronées mais ne fait pas de reprise sur erreur (éventuellement réalisée par les couches supérieures)

### La couche LLC - IEEE 802.2


-  Rôle : masquer aux couches supérieures le type de réseau utilisé, contrôle de la transmission des données une fois que la station a gagné son droit à la parole (couche MAC)


 Sous-ensemble (parfois très réduit) d'HDLC




## La trame LLC (1)


 Format général de la trame LLC

 SAP (Service Access Point) permet de désigner la (ou les) couche(s) supérieure(s) destinataire(s) (DSAP) et la couche supérieure émettrice (SSAP)

 permet de faire cohabiter plusieurs protocoles sur une même interface réseau (IP/IPX/NETBIOS/X.25/...)

 7 bits de poids fort = @ du SAP (RFC 1700)

 le bit de poids faible (C/R ou I/G)

 SSAP : trame de commande (C/R=0) ou de réponse (C/R=1)

 DSAP : trame destinée à un SAP unique (I/G=0) ou à un groupe (I/G=1)

### ■ Le champ commande de la trame LLC

- champ commande similaire à celui d'HDLC

- trames (I) et (S) sur 2 octets, trames (U) sur 1 octet

- trames (S)

- 4 bits sont réservés pour un usage futur (mis à 0)

- 3 types: RR, RNR et REJ

- trames (U) : SABME, DISC, UA, DM, FRMR, UI...

DSAP 8bits	SSAP 8bits	Commande 8 ou 16bits	Données M octets
---------------	---------------	-------------------------	---------------------

b <sub>15</sub>	b <sub>14</sub>	b <sub>13</sub>	b <sub>12</sub>	b <sub>11</sub>	b <sub>10</sub>	b <sub>9</sub>	b <sub>8</sub>	b <sub>7</sub>	b <sub>6</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>0</sub>	
N(R)							P/F	N(S)							<b>0</b>	I
N(R)							P/F	r	r	r	r	S	S	<b>0</b>	<b>1</b>	S
								U	U	U	P	U	U	<b>1</b>	<b>1</b>	U

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	
Nr			P/F	Ns			0	Trame I
Nr			P/F	0	0	0	1	RR
Nr			P/F	0	1	0	1	RNR
Nr			P/F	1	0	0	1	REJ
Nr			P/F	1	1	0	1	SREJ
0	0	0	P	1	1	1	1	SARM
1	0	0	P	0	0	1	1	SNRM
0	0	1	P	1	1	1	1	SABM
0	1	1	P	1	1	1	1	SABME
0	1	0	P	0	0	1	1	DISC
0	1	1	F	0	0	1	1	UA
1	0	0	F	0	1	1	1	CMDR/FRMR
0	0	0	F	1	1	1	1	DM

#### 4 sous types de trames de supervision: selon la valeur de deux bits S.

##### RR ("Received & Ready") - 00

confirme la réception des trames de données de  $n^o < N(R)$  Envoyer pour signaler que le récepteur est prêt à recevoir des trames suivantes ou pour acquitter la trame N(R) en cas d'absence de données à envoyer.

##### RNR ("Received & Not Ready") - 10

confirme la réception des trames de données de  $n^o < N(R)$  Demande d'arrêter, temporairement,

la transmission de l'émetteur

**REJ** ("Reject") - 01

confirme la réception des trames de données de  $n^{\circ} < N(R)$  demande la retransmission des trames de  $n^{\circ} \geq N(R)$

**SREJ** ("Selective Reject") - 11

confirme la réception des trames de données de  $n^{\circ} < N(R)$  demande la retransmission de la trame de  $n^{\circ} = N(R)$

**Trames non numérotées de commande (primaire vers secondaire)**

**SNRM** - Set Normal Response Mode

multipoint dissymétrique, maître/esclave (polling/selecting)

**SARM** - Set Asynchronous Response Mode

le secondaire peut émettre sans invitation

**SABM** - Set Asynchronous Balanced Mode

point à point symétrique, chaque station peut émettre sans autorisation (primaire et secondaire simultanément)

**SABME** - Set Asynchronous Balanced Mode Extended

idem SABM mais mode étendu (compteurs sur 7 bits)

**DISC** - Disconnect

l'un des terminaux décide de rompre la liaison

**Trames non numérotées de réponse (du secondaire vers le primaire)**

**UA** - Unnumbered Acknowledge

acquiescement d'une trame non numérotée

**FRMR** - Frame Reject ou **CMDR** - Command Reject

une trame ou une commande vient d'être rejetée (indication de la raison dans le champ information)

**DM** - Disconnect Mode

indique que le terminal est déconnecté

**RM** - Request Disconnect



équivalent de DISC pour le secondaire



# Les réseaux à accès aléatoires

## Réseaux IEEE 802.3 et réseaux Ethernet

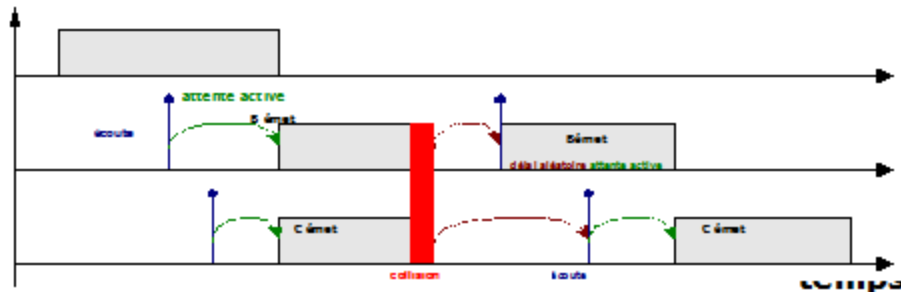
### La petite histoire d'Ethernet

- 1970: protocoles à contention pour des accès radio à l'université d'Hawaïi
- 1973: première version d'Ethernet (Xerox)-3Mbit/s sur câble coaxial
- 1980: Ethernet DIX (Digital/Intel/Xerox) 10 Mbit/s
- 1982: spécifications définitives d'Ethernet V2
-  1985:IEEE802.3 10 Base5
-  1989:ISO 8802.3
- Aujourd'hui, Ethernet=90% des réseaux locaux et développement du 802.11

### Principes du CSMA/CD

- Rappel: à un instant donné, une seule trame circule sur le câble
  - pas de multiplexage, pas de full-duplex (pendant l'émission, la paire de réception sert à l'écoute du canal)
  - diffusion des messages à toutes les stations
  - avant d'émettre, une station écoute le réseau pour s'assurer que le support est libre
  - si deux stations émettent simultanément car elles ont détecté un silence sur le support, il y a collision: chaque message est pollué par l'autre
  - en cas de collision, une station cesse ses émissions et essaie d'émettre ultérieurement
  - la couche MAC réalise la reprise sur collision

## Principe du CSMA/CD



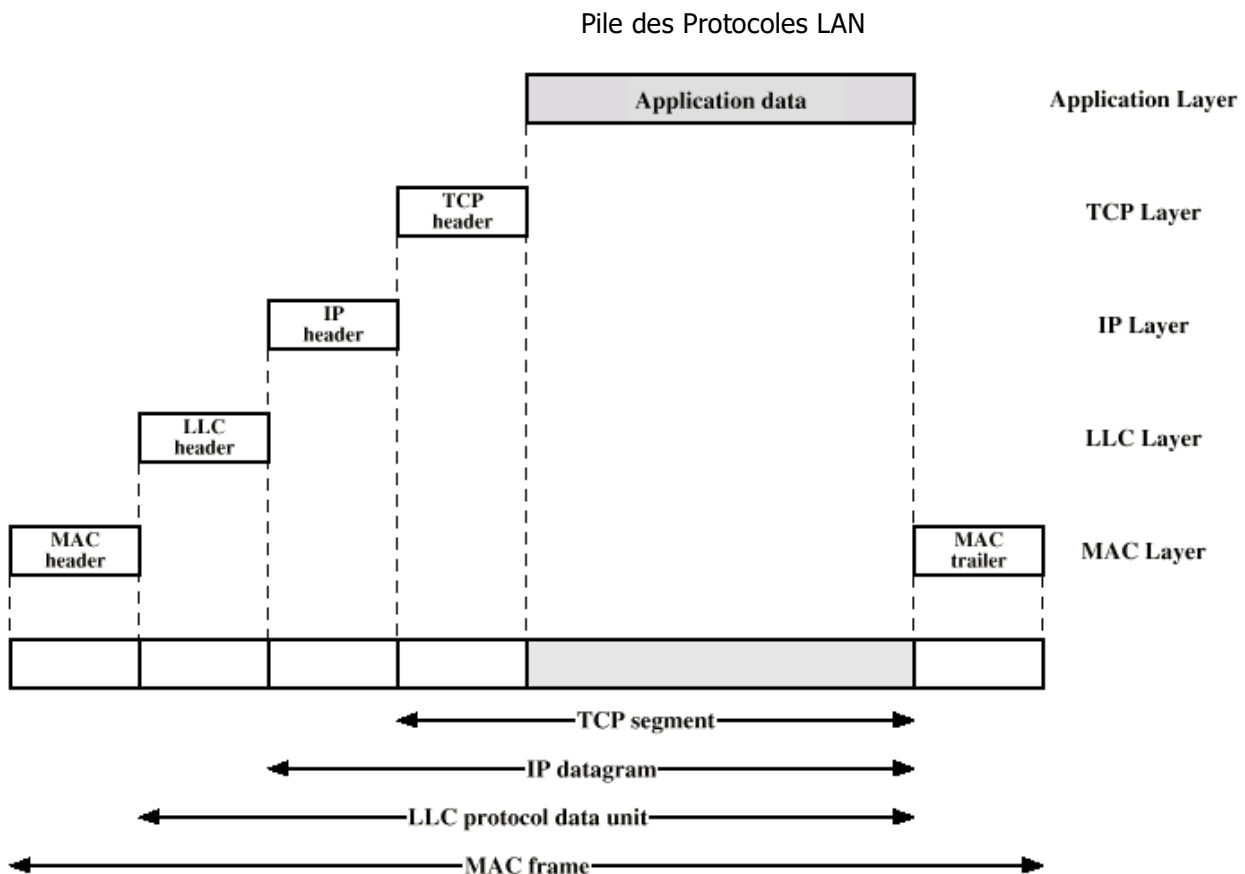
### ■ Principe de la détection de collision :

- chaque station écoute son propre message et compare les niveaux électriques du message qu'elle a émis et du message écouté

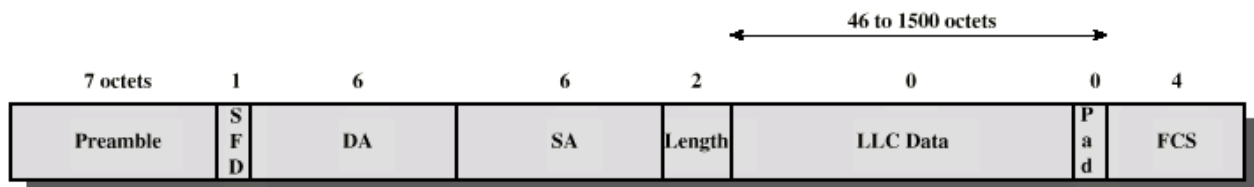
- Après 16 tentatives d'émission d'un même message, l'émetteur abandonne l'émission
- Si deux stations entrent en collision, la probabilité pour que l'une des stations en subisse une deuxième est 0,5
- Impossible de borner le temps d'attente avant une émission d'un message
  - méthode d'accès probabiliste et non déterministe
  - ne convient pas aux applications temps réel et aux transferts isochrones (voix/données)
  - CSMA/CD efficace sur un réseau peu chargé, pas adapté aux réseaux chargés
- Si A et B émettent simultanément, pour que A détecte la collision, il faut que A soit encore entrain d'émettre quand le premier bit de B lui parvient
- Fenêtre de collision: temps minimal pendant lequel une station doit émettre pour détecter une éventuelle collision (dans le cas des 2 stations les plus éloignées sur le réseau)
- Ce temps est fixé à 51,2  $\mu$ s pour un réseau à 10 Mbit/s avec comme plus grande distance 2500m
- Conclusion: il y a une taille minimale de trame qui dépend
  - du débit du réseau
  - de la distance maximale entre deux stations (diamètre du réseau)
  - 512 bits (64 octets) pour 10Mbit/s et 2500 m
- Pour assurer la compatibilité entre les différentes versions et ne pas pénaliser les performances, la taille minimale est fixée à 64 octets

- >il faut ajuster le diamètre du réseau en conséquence

10 Mbit/s	2500 m	51,2 $\mu$ s
100 Mbit/s	250 m	5,12 $\mu$ s
1000 Mbit/s	25 m	0,512 $\mu$ s



## Trame IEEE 802.3 et Ethernet



SFD = Start of frame delimiter  
 DA = Destination address  
 SA = Source address  
 FCS = Frame check sequence

Préambule : 7 fois 10101010 pour la synchronisation bit




✏ SFD (Start Frame Delimiter) : 10101011 pour la synchronisation octet

✏ Bourrage si Lg < 46 octets pour détection collision

✏ FCS sur 4 octets pour la détection d'erreur

## Différence IEEE 802.3/Ethernet : champ Lg/Type

Le champ Lg/Type et compatibilité

-  802.3 : le champ **Lg** désigne la longueur des données utiles (sans le padding) et  $Lg < 1500$
  -  Ethernet : le champ **Type** désigne le type des données (i.e. le protocole à qui il faut délivrer les données) exemples : IP=0x0800, ARP=0x0806, IPX=0x8137
- la couche supérieure véhicule la longueur des données
-  Compatibilité assurée par le fait que le champ Type ne commence la numérotation des protocoles qu'à partir de la valeur décimale 1500

### Récré n°1 :

Un réseau local en anneau comprend 50 stations uniformément réparties. Le débit binaire est de 4 Mb/s. Les trames MAC ont une longueur totale de 512 bits dont 32 bits sont utilisés par le protocole LLC.

- a) Quel est le débit maximal garanti à chaque station ?
- b) Peut-on transmettre de la parole numérisée sur ce réseau ?

### Récré n°2 :

Un réseau local en anneau comprend 10 stations uniformément réparties. La vitesse de propagation des signaux est de 200m/μs. Les trames MAC ont une longueur totale de 256 bits. Calculer le nombre de bits en transit sur l'anneau pour les configurations suivantes :

- a) pour une longueur de 10 Kms et un débit binaire de 5 Mb/s ?
- b) pour une longueur de 1 Km et un débit binaire de 500 Mb/s ?
- c) comparez les 2 anneaux du point de vue nombre de trames en transit et du débit utile, si la station émettrice attend le retour de sa propre trame pour réinjecter le jeton sur l'anneau.

### Récré n°3 :

Soit un réseau 802.5 avec les caractéristiques suivantes :

débit nominal = 4 Mbit/s  
50 stations  
distance moyenne entre 2 stations adjacentes = 50 m  
vitesse de propagation sur le support = 200 m/μs  
temps de transmission maximum autorisé = 10 ms

1. Quel est le temps maximum au bout duquel une station est assurée de disposer du jeton ?
2. Si la station doit attendre ce temps maximum avant d'émettre, quel est le débit utile vu par cette station ?

### Récré n°4 Adressage MAC

1. Rappelez le format de l'adresse MAC et la signification de chacun des champs
  2. Quels sont les types d'adresse MAC auxquels une station doit répondre ?
  3. A quel type d'adresse correspond l'adresse MAC 01-00-5E-AB-CD-EF ?
- Cette adresse peut-elle être présente dans le champ adresse source ? Ecrire cette adresse dans sa forme canonique.

### Récré n°5 Protocole CSMA/CD

1. Quelle propriété doit avoir un réseau pour utiliser le CSMA/CD ?
2. Quelle serait la couverture maximale d'un réseau Ethernet à 10Mbit/s si la taille de trame minimale était de 53 octets et le coefficient de vélocité du câble de 2/3 ?

### Récré n°6 Commutateur ou hub ?

Indiquez pour chacun des réseaux suivants, si un hub ou un commutateur est l'équipement le plus adapté :

1. réseau données peu chargé avec recherche de performances
2. réseau données chargé avec recherche de performances
3. réseau voix/données sur IP

## Différentes versions d'Ethernet Pourquoi différentes versions?

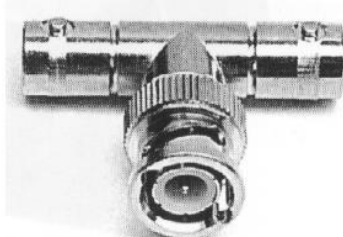
- Protocoles évolutifs
  - 2Mbit/s, 10Mbit/s, 100Mbit/s, 1Gbit/s
  - coaxial, paires torsadées, fibres optiques
- Les appellations normalisées IEEE802.3 sont désignées par un code qui indique
  - le débit
  - le type de modulation (bande de base ou large bande)
  - la longueur maximale d'un segment pour un câble coaxial ou une lettre donnant le type du support (T pour la paire torsadée, F pour la fibre optique)
  - Exemple: 10 Base5=10Mbit/s en bande de base sur câble coaxial d'une longueur maximale par segment de 500m

### Ethernet fin, IEEE 802.3 10 base2

- Moins coûteux et plus facile d'installation
- Architecture la plus économique pour des petits réseaux (dizaines de stations)
- Matériel
  - codage Manchester
  - topologie physique=bus
  - câble coaxial fin (5mm), bouchons de terminaison (limite échos), connecteur BNC en T, répéteurs entre deux segments (30 stations max par segment)
  - longueur maximale d'un segment : 185m
  - distance minimum entre 2 nœuds: 0,5m
  - transceiver intégré à la carte Ethernet



câble thin ethernet



prise BNC en T










### Ethernet épais, IEEE 802.3 10 base5

- Première version d'Ethernet normalisée (1985)
- Pratiquement plus utilisée
- 10 Mbit/s en bande de base sur câble coaxial d'une longueur maximale par segment de 500m
- Matériel
  - codage Manchester
  - topologie physique=bus

- câble coaxial épais (10mm), câble de liaison, bouchons de terminaison (limite échos), connecteur DB15, répéteurs entre deux segments
- transceiver (ou MAU): conversion des signaux, détection collisions
- Carte Ethernet : gère l'algorithme CSMA/CD, ...



### Ethernet en paires torsadées

Réutilisation du câblage téléphonique (AT&T)

-  Topologie physique en étoile
-  Connecteurs RJ45
-  Un Hub émule un bus
-  concentrateur/répéteur
-  diffusion des messages sur tous les ports
-  détection des collisions (le signal de collision est retransmis à l'ensemble des stations)
-  LED de status + test du lien toutes les 8 secondes
-  Liaison Hub/Station ou Hub/Hub en paires torsadées (1 pour l'émission, 1 pour la réception)
-  Nombre de niveaux limités par la fenêtre de collision

### Ethernet, IEEE 802.3 10baseT

Longueur maximale d'un brin (liaison hub/station ou hub/hub) :  
100m ou 150m

-  2 paires torsadées UTP catégorie 5
-  3 niveaux de Hub au maximum

### Récapitulatif Ethernet 10 Mbit/s

paramètres	10base5	10base2	10base T
médium de transmission	coaxial (50 ohm)	coaxial (50 ohm)	paire téléphonique
technique de signalisation	Manchester	Manchester	Manchester
vitesse de transmission	10 Mbits/s	10 Mbits/s	10 Mbits/s
longueur maximale du segment	500 m	185 m	100 m (étoile)
couverture maximale du réseau	2500 m	925 m	400 m
nb max de nœuds par segment	100	30	dépend de l'équipement actif
espacement min entre les nœuds	2,5 m	0,5 m	*
diamètre du câble	10 mm	5 mm	*

## Fast Ethernet

- ✎ Evolution du 10baseT vers le 100 Mbit/s (IEEE 802.14)
- ✎ Hub et cartes avec ports 10/100Mbps (auto-négociation)
- ✎ le signal de link status est remplacé par un mot de 16 bits qui décrit les caractéristiques de l'équipement
- ✎ le port et la carte s'auto-configurent sur le plus grand dénominateur commun (permet la mixité 10/100)
- ✎ hub type I (mixité) ou type II (plus rapide)
- ✎ Plusieurs versions
- ✎ 100 baseT4 (4 p. cat. 3,4,5) , 100 baseT2 (2 p. cat. 3,4,5) , 100 baseTX (2 p. cat. 5), 100 base FX (fibre)

## Gigabit Ethernet (1)

- ✎ Avec un commutateur Gigabit Ethernet
- ✎ mise en relation de type point-à-point : pas de diffusion, pas de détection de collision (pas CSMA/CD)
- ✎ la taille de trame minimale reste de 64 octets
- ✎ Avec un répéteur (hub) Gigabit Ethernet
- ✎ pour garder un diamètre du réseau suffisant (200m), la trame minimale peut être augmentée à 512 octets
- ✎ pour ne pas gaspiller la bande passante par le bourrage, un mécanisme de groupage de trames (burst) est mis en place
- ✎ Généralement utilisé pour l'interconnexion de réseaux à 10 ou 100 Mbit/s
- ✎ Support de prédilection : fibre optique

Un équipement Gigabit Ethernet contient généralement des ports 10, 100 et 1000 avec des ports pour la fibre optique

- ✎ Les différents types
- ✎ 1000baseCX : 2 paires blindées (STP) sur 25m -> limité à l'interconnexion de hub ou clusters
- ✎ 1000baseSX : fibre optique courte longueur d'onde sur 260/550m -> interconnexion à l'intérieur d'un bâtiment
- ✎ 1000baseLX : fibre optique grande longueur d'onde sur 3km (monomode) -> interconnexion sur un campus
- ✎ 1000baseT : 4 paires cat. 5/6 UTP sur 100m, coûteux car traitement du signal complexe