



# ARCHITECTURES DES RESEAUX

Master1 Info-2006-2007

Mourad (Abdelhak) Gueroui

1

Partie 1: Les concepts  
de réseau

2

## plan

- 1.1 Généralités
- 1.2 Classification
- 1.3 Topologie
- 1.4 réseau cœur: mise en relation
- 1.5 le modèle de référence

3

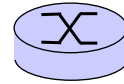
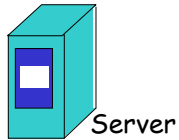
## Bibliographie

- TCP/IP architecture protocoles applications, Douglas Cormer
- Computer Networking A top-Down Approach Featuring the Internet, James Kurose et Keith Ross, second Edition
- Réseaux et Télécoms, Claude Servin. Dunod

4

**Déf.** Un réseau est un ensemble de matériels et de logiciels dispersés destinés à assurer le transport de données.

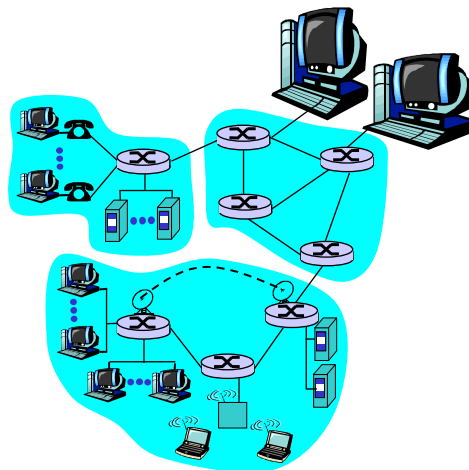
**Matériels:**



**Logiciels:** Protocoles

- la délimitation des blocs de données échangés
- le contrôle et organisation de l'échange

5



6

## Classification des réseaux

- Réseaux Personnels PAN(Personal Area Network)
  - Couverture: de 10m à 100m
  - Débit: quelques Mbits/s
  - Bluetooth, HomeRF,...
- Réseaux locaux LAN(Local Area Network)
  - Couverture: de 100m à 1000m
  - Débit: quelques dizaines de Mbits/s
  - Ethernet, Token Ring, WiFi, HipperLan

7

## Classification des réseaux

- Réseaux Métropolitains MAN(Metropolitan Area Network)
  - Couverture: la taille d'une ville
  - Débit: quelques dizaines de Mbits/s
  - FDDI, DQDB, ATM, WiMax,.....
- Réseaux locaux WAN(Wide Area Network)
  - Couverture: Mondiale
  - Débit: quelques Mbits/s
  - RNIS, IP, ATM, WATM, GSM,...

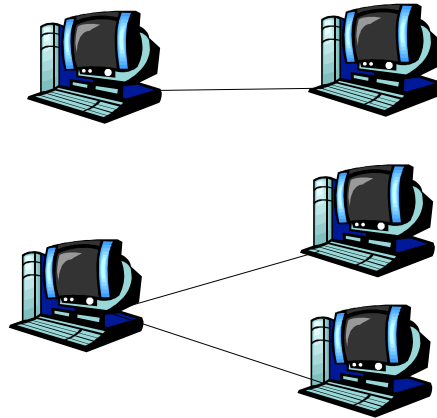
8

## Topologies

□ Logique: le mode d'échange des messages dans le réseau

□ Physique: raccordement des machines

Deux types de liaisons: point-à-point ou multipoints



9

## Topologies (physique)

□ Topologies de base

- Bus

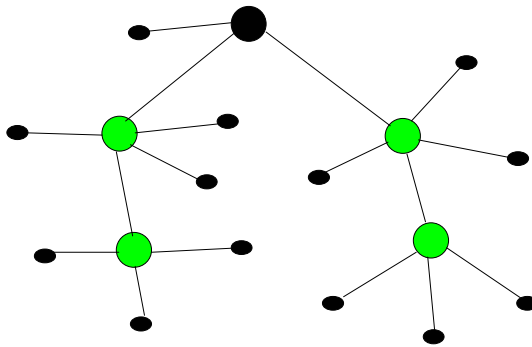
- Etoile

- Anneau

10

## Topologies (physique)

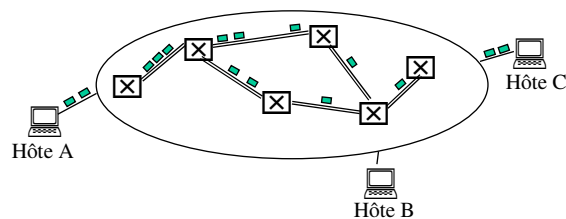
- Topologies construites: dérivés des réseaux en étoiles



11

## Modes de mise en relation

- Deux modes de fonctionnement pour transiter les informations
- Mode non connecté (Datagramme)
  - Une seule phase (Transfert des données)
  - Simple
  - Plusieurs chemins possibles

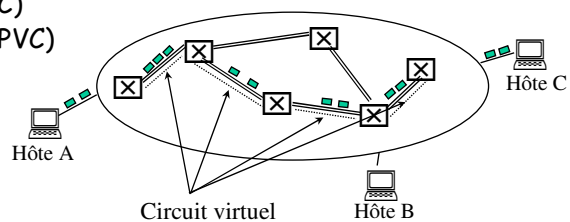


12

## Modes de mise en relation

### □ Mode connecté (Circuit virtuel, CV/circuit physique)

- Etablissement d'une connexion
- Transfert des données
- Libération de la connexion
- Service fiable
- Complexe
- Chemin dédié
- Circuits commutés (SVC)
- ou Circuits permanent (PVC)



13

## Modes de mise en relation

- Technique de commutation  
la manière d'interconnecter 2 correspondants
- Le fonctionnement d'un nœud (routeur/switch)
- Nombre de liens =  $N(N+1)/2$  (N: nombre de nœuds)
- Temps de traversée du réseau  $T_p$   
 $T_p = (L + pH)(1 + N/p)/D$   
L: longueur de message, N: nombre de nœuds,  
p: nombre de paquets, H: entête protocole, D: débit

14

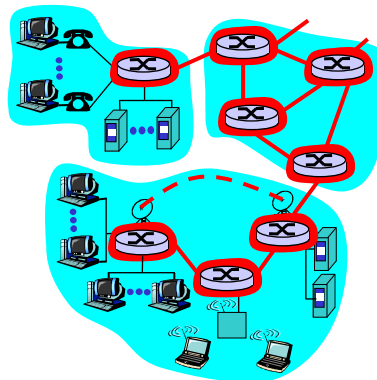
## Modes de mise en relation

- Techniques de commutation
  - Commutation de circuit ( $p=1, N=0$ )
  - Commutation de messages ( $p=1, N>0$ )
  - Commutation de paquets
  - Commutation de trames
  - Commutation de cellules

15

## Le réseau coeur

- Réseau maillés de routeurs
- *La question fondamentale:*  
comment les données sont transférées à travers le réseau ?
  - *Commutation de circuits:*  
circuit dédié par appel:  
réseau téléphonique
  - *Commutation par paquets:*  
données envoyées sur le réseau par "morceaux"



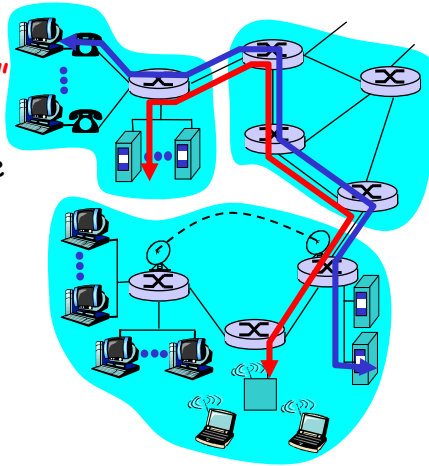
16



## Réseau coeur: commutation de Circuits

ressources réservées de bout en bout par "appel"

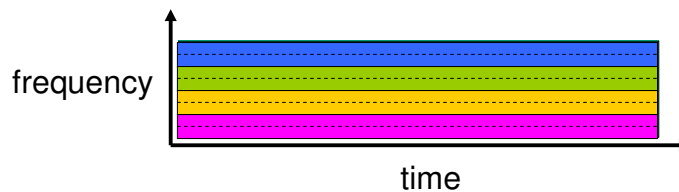
- bande passante de lien, capacité de commutation de commutation
- ressources: non partagées
- initialisation de l'appel demandé



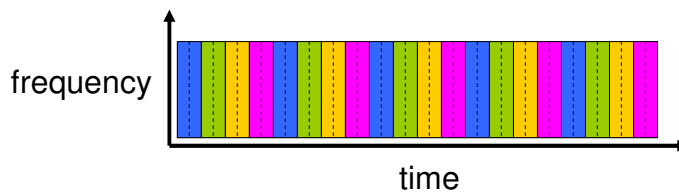
17

## Commutation de Circuits: FDMA et TDMA

FDMA



TDMA



18

## Réseau coeur: commutation par paquets

chaque flux de données est divisé en paquets

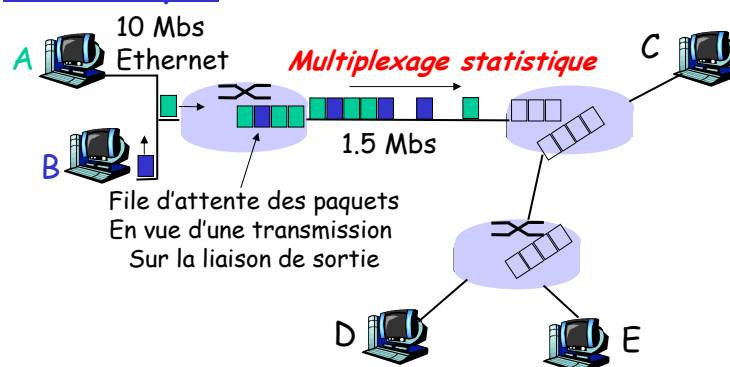
- les paquets des utilisateurs A, B partagent les ressources de réseau
- chaque paquet utilise la bande passante totale de lien

Problèmes de ressources:

- la demande d'agrégation de ressources peut dépasser la moyenne disponible
- congestion: paquets en file, attente pour l'utilisation de lien
- store and forward (enregistrement et retransmission)

19

## Commutation par paquets: multiplexage statistique



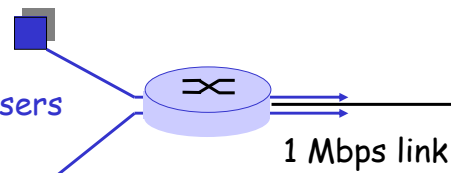
Les Séquences de paquets A & B n'ont pas les mêmes intervalles de temps alloués → *multiplexage statistique.*

20

## Commutation par/de paquets/circuits

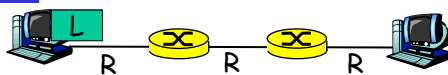
Par paquets permet à plusieurs utilisateurs d'utiliser le réseau!

- Liaison de 1 Mbit
- Chaque utilisateur:
  - 100 kbps quand "active"
  - actif 10% du temps
- commutation de circuits:  $N$  users
  - 10 utilisateurs
- commutation par paquets:
  - avec 35 utilisateurs, probabilité > 10 actifs moins de 0.0004



21

## commutation par paquets: store-and-forward



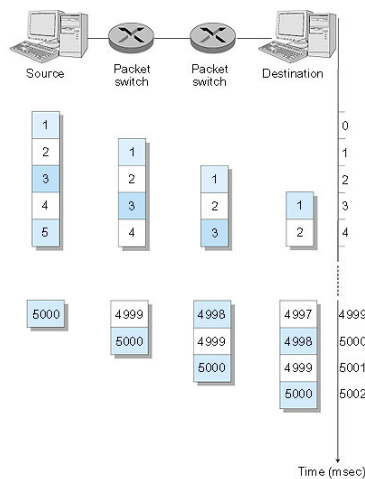
- $L$  bits : longueur de message et  $R$  débit de lien
- délai =  $3L/R$

### Exemple:

- $L = 7.5$  Mbits
- $R = 1.5$  Mbps
- délai = 15 sec

22

## Commutation par paquets: segmentation du Message



Découpage du message en 5000 paquets

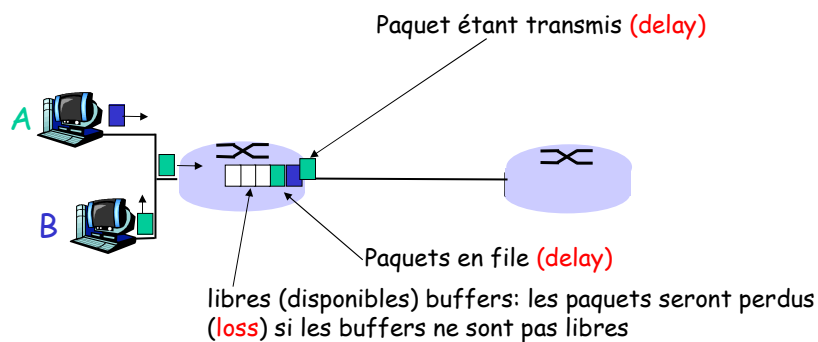
- 1,500 bits par paquet
- 1 msec pour transmettre un paquet sur un lien
- *pipelining*: chaque lien travaille en parallèle
- Délai réduit de 15 sec à 5,002 sec

23

## Comment la perte et le délai se produisent?

Les paquets enfilés dans les buffers du routeur

- Débit d'arrivée des paquets sur le lien dépasse la capacité de lien de sortie



24

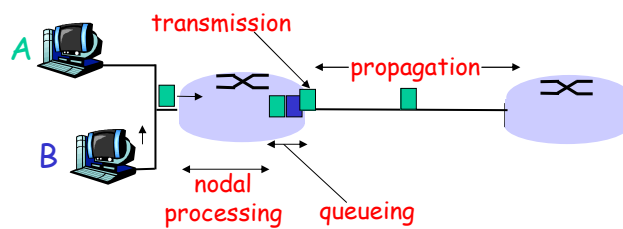
## Différents types de retards

### 1. temps de traitement

- contrôle d'erreurs bit
- détermine le lien de sortie

### 2. temps d'attente

- temps d'attente sur le lien de sortie avant transmission
- dépend de niveau de congestion de routeur



25

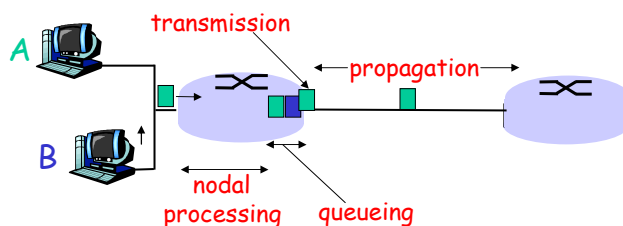
## Différents types de retards

### 3. Délai de transmission :

- $R$  = link bandwidth (bps)
- $L$  = packet length (bits)
- time to send bits into link =  $L/R$

### 4. Délai de propagation :

- $d$  = length of physical link
- $s$  = propagation speed in medium ( $\sim 2 \times 10^8$  m/sec)
- propagation delay =  $d/s$



26

## Introduction

- **Modèle de référence OSI**
  - **Open Systems Interconnection**
    - modèle fondé sur un principe énoncé par Jules César :  
diviser pour mieux régner
    - le principe de base est la description des réseaux sous forme d'un ensemble de couches superposées les unes aux autres
    - l'étude du tout est réduit à celle de ses parties, l'ensemble devient plus facile à manipuler

27

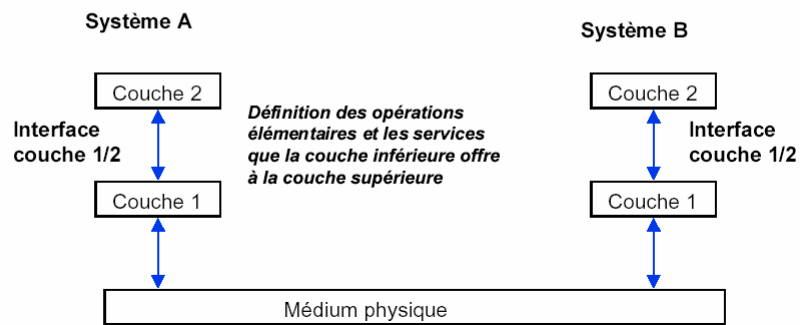
## Normalisation

- **Deux organismes de normalisation pour réseaux informatiques :**
  - l'ISO (International Standardization Organization),
  - l'UIT-T (Union Internationale des Télécommunications) ex CCITT
- **l'ISO est un organisme dépendant de l'ONU.**
  - Les représentants nationaux sont des organismes nationaux de normalisation :
    - ANSI pour les USA
    - AFNOR pour la France
    - DIN pour l'Allemagne
    - BSI pour le Royaume Uni
    - HSC pour le Japon
- **l'UIT-T comprend des opérateurs et des industriels des télécommunications**

28

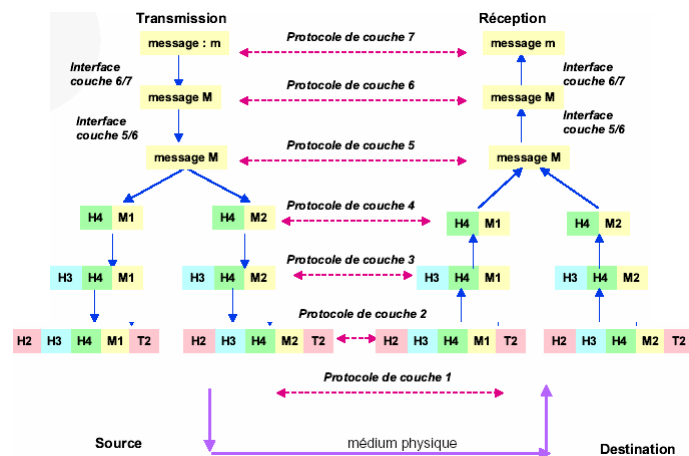
# Généralités

- Organisation en séries de couches ou niveaux.
  - leur nombre, leur nom, leur fonction varie selon les réseaux
  - l'objet de chaque couche est d'offrir certains services aux couches plus hautes
    - ces dernières ne reconnaissant pas la mise en oeuvre de ces services.



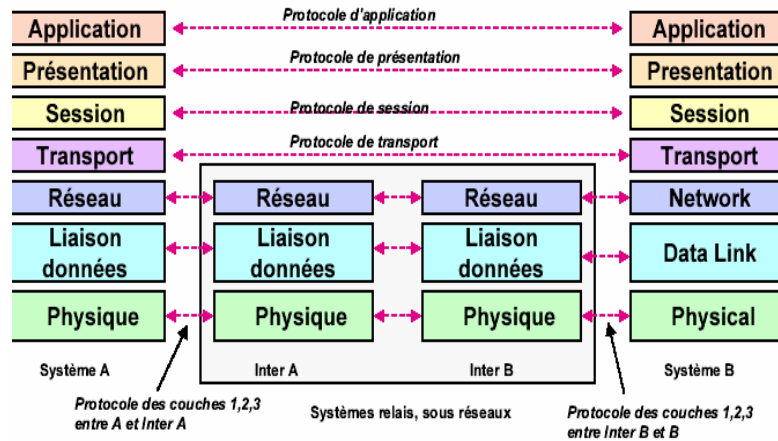
29

# Généralités



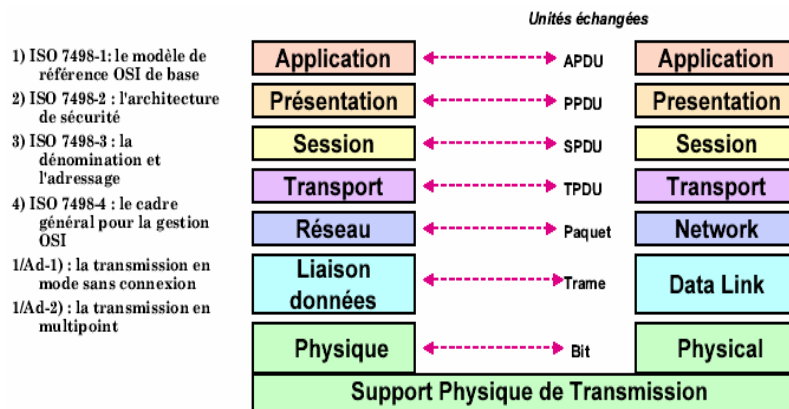
30

## OSI : Modèle de Référence



31

## OSI : Modèle de Référence



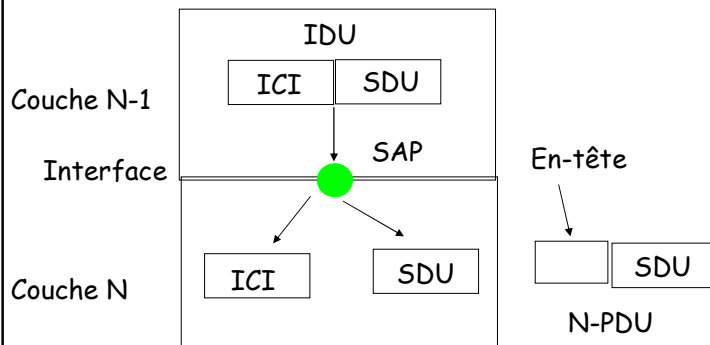
- 1) ISO 7498-1: le modèle de référence OSI de base
  - 2) ISO 7498-2: l'architecture de sécurité
  - 3) ISO 7498-3: la dénomination et l'adressage
  - 4) ISO 7498-4: le cadre général pour la gestion OSI
- I/Ad-1) : la transmission en mode sans connexion  
I/Ad-2) : la transmission en multipoint

PDU : Protocol Data Unit

32



## OSI: SAP-SDU-PDU



IDU: Interface Data Unit  
ICI: Interface Control Information  
SDU: Service Data Unit  
SAP: Service Access Point  
N-PDU: N-Protocol Data Unit

33

## Partie 2: Réseaux Locaux et Métropolitains

34

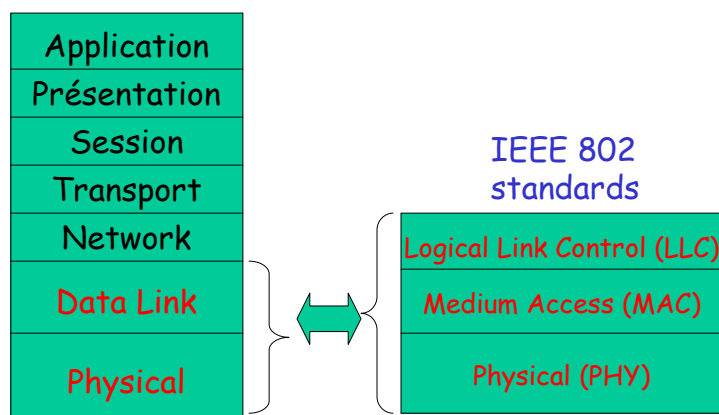
## plan

- 1.1 Normalisation
- 1.2 Caractéristiques Fonctionnelles
- 1.3 Eléments Physiques
- 1.4 Méthodes de partage au support
- 1.5 Modèles et Normes IEEE 802
- 1.6 Les réseaux Virtuels (VLAN)
- 1.7 Le réseaux Métropolitains: FDDI

35

## Normalisation

### 7 couches OSI



36

## Normalisation

802.1 Considérations générales		802.7 Large bande						
802.8 fibre optique		802.10 sécurité						
<b>LLC Logical Link Control</b>								
802.3	802.4	802.5	802.6	ISO 9314	802.9	802.11	802.12	Data Link
Ethernet	Token bus	Token ring	DQDB	FDDI	Voix/Data	Sans Fil	Any Lan	
BUS	BUS	Anneau	Double Bus	Anneau			Etoile	Physical

37

## CARACTERISTIQUES FONCTIONNELLES D'UN RL

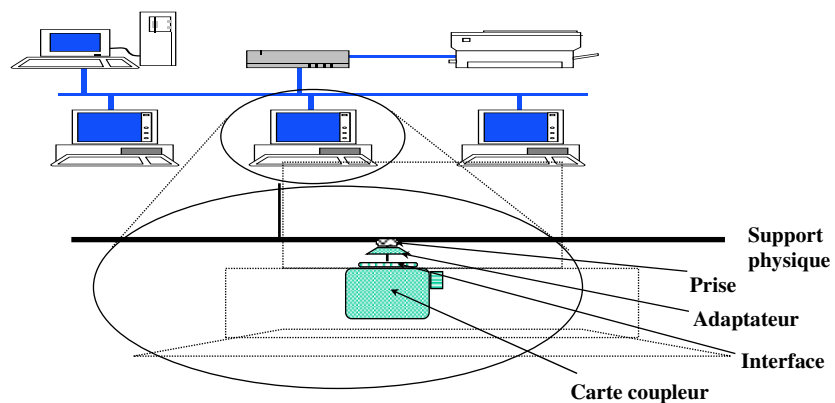
- ❑ Capacité binaire  
10 Mbit/s à 100 Mbit/s => 1Gb/s
- ❑ Type d'informations véhiculée  
Voix  
Données  
Images
- ❑ Topologie  
Etoile  
Bus  
Anneau

## CARACTERISTIQUES FONCTIONNELLES D'UN RL

- ❑ Configuration
- ❑ Connectivité
- ❑ Fiabilité intrinsèque
  - Environnement
  - Température
  - Humidité etc ...
- ❑ Interconnexion

## ELEMENTS PHYSIQUES

Ensembles des composants physiques nécessaires pour la transmission physique



## METHODES DE PARTAGE DU SUPPORT

- Support de communication = ressource inhérente à un système de communication
- Mécanismes utilisés pour contrôler l'accès à la transmission sur le support physique
  - ↳ Régler les conflits parmi les entités qui souhaitent obtenir son «tour de parole» pour parler sur le support de communication

## METHODES DE PARTAGE DU SUPPORT

- Deux grandes familles de méthodes
  - ↳ Méthodes statiques
    - ☒ AMRT
    - ☒ AMRF
  - ↳ Méthodes dynamiques
    - ☒ Aléatoires (ou probabilistes)
    - ☒ Déterministes

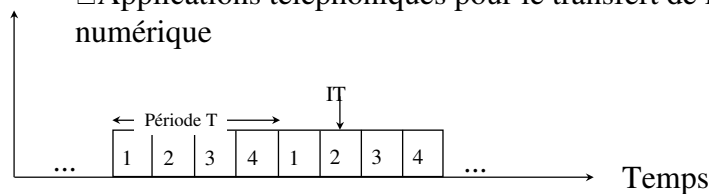
## Méthodes statiques

- L'allocation de la bande passante est fixée de façon définitive
  - ☒ Temporellement
  - ☒ Fréquentiellement

### → Accès Multiple à Répartition dans le Temps (AMRT)

- ↙ Découpage l'échelle temporelle en  $n$  tranches de temps (IT), avec  $n =$  nombre de stations
- ↙ Attribution d'un IT à chaque station
- ↙ Exemple d'application:

☒ Applications téléphoniques pour le transfert de la voix numérique

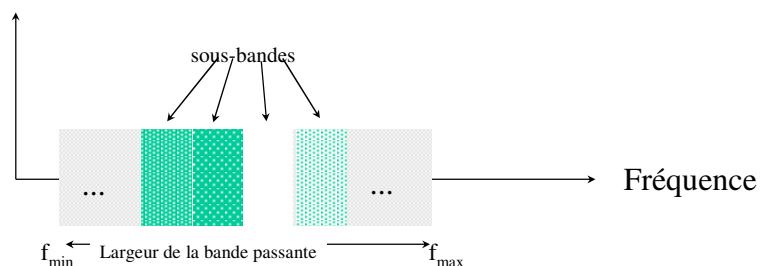


## Méthodes statiques

### → Accès Multiple à Répartition en Fréquence (AMRF)

- ↙ Découpage de la bande passante en  $n$  sous-bandes, avec  $n =$  nombre de stations
- ↙ Attribution d'une sous-bande à chaque station
- ↙ Exemple d'application:

☒ Diffusion des programmes de télévision sur câbles



## Méthodes dynamiques

- Environnement des réseaux locaux
- Meilleure utilisation de la bande passante
- L'allocation dynamique de la bande passante
  - Aléatoire
  - Déterministe

### → Méthodes d'accès aléatoires

- ↙ L'intégralité de la bande passante est disponible pour toutes les stations
- ↙ Libre accès à la transmission sur le support
- ↙ Conflits d'accès
  - ▣ Collisions

## Méthodes dynamiques

### ↙ Méthodes existantes

Aloha  
Aloha en tranches  
CSMA (Carrier Sense Multiple Access)  
CSMA/CD (CSMA with Collision Detection)  
CSMA/CA (CSMA with Collision Avoidance)

### → Méthodes d'accès aléatoires

#### Aloha [Abramson 70]

- ↙ Réseau hertzien à Hawaï
- ↙ Principe

## Méthodes dynamiques

### *Emetteur*

Station émet dès qu'elle a une information à envoyer  
Déclenchement d'un temporisateur et attente d'un acquittement:

Si aucune réponse

Si nombre de tentatives de retransmission dépassé

Alors arrêter la transmission

Sinon retransmission de l'information

### *Récepteur*

Traitement de l'information reçue

Si Trame correcte alors envoi d'un acquittement

### *Aloha en tranches*

↙ Amélioration de la méthode Aloha

↙ Découpage de l'échelle temporelle en tranches de temps

↙ Emission autorisée au début de tranche

## Méthodes dynamiques

→ Méthodes d'accès aléatoires

### *CSMA (Carrier Sense Multiple Access) [Metcalfe 70]*

↙ Réseau de micro-ordinateurs

↙ Principe

### *Emetteur*

Ecoute du canal

Si le canal est libre

Alors transmission de l'information (suivre le même principe que Aloha)

Sinon reporter la transmission

### *Récepteur*

Traitement de l'information reçue

Si vérification aboutie alors envoi d'un acquittement



## Méthodes dynamiques

### Variantes du report de la transmission

#### ↙ CSMA non-persistent

☐ Attente pendant un délai aléatoire avant de réitérer la procédure

#### ↙ CSMA persistant

☐ Prolongation de l'écoute du canal jusqu'à ce qu'il soit disponible

#### ↙ CSMA p-persistent

☐ Emission avec une probabilité  $p$  et diffère l'émission avec une probabilité  $(1-p)$

## Méthodes dynamiques

### → Méthodes d'accès aléatoires

#### CSMA/CD (CSMA with Collision Detection)

#### ↙ Amélioration de la méthode CSMA persistant

#### ↙ Principe

*Emetteur*

Ecoute du canal

Si le canal est libre Alors

transmission de l'information et écoute simultanée du canal pour détecter une éventuelle collision

Si collision détectée

Alors

★ Arrêt immédiat de la transmission et

notification de la collision à toute les stations

★ Gestion de la collision

Sinon reporter la transmission

## Méthodes dynamiques

Remarque : pour qu'une station puisse détecter la collision, il faut que la longueur de la trame soit au moins égale à 2 fois le temps d'aller-retour entre les stations les + éloignées

☒ Exemple : Ethernet

### CSMA/CA (CSMA with Collision Avoidance)

⚡ Même principe que CSMA/CD

⚡ A la fin d'une transmission, une station doit attendre un délai avant de transmettre à nouveau

## Méthodes dynamiques

### → Méthodes d'accès déterministe

⚡ L'intégralité de la bande passante est disponible pour toutes les stations

⚡ Permission d'accès à la transmission sur le support

⚡ Une seule station transmet à la fois

☒ Complexité de gestion de la permission d'accès

⚡ Méthodes

Polling

Accès par jeton

- Jeton non adressé sur anneau
- Jeton adressé sur bus

### Polling

⚡ Politique d'attribution de permission d'accès centralisée

⚡ Principe

## Méthodes dynamiques

### *Station primaire (SP)*

Gestion de l'accès au support selon une table de scrutation

Relayage des messages vers la ou les stations destinataires (topologie en étoile)

### *Station secondaire (SS)*

Transmission des informations autorisée par la SP

Réception des informations

## → Méthodes d'accès déterministe

### Jeton non adressé sur anneau

↙ Permission d'accès

☒ Trame spéciale: jeton

↙ Topologie en anneau

↙ Un sens de parcours de l'informations transmises sur l'anneau

↙ Principe

## Méthodes dynamiques

Jeton circule librement sur l'anneau

### *Emetteur*

Acquérir le jeton

Transmission de l'information

Attente le retour de l'information pour la retirer de l'anneau

Remettre le jeton sur l'anneau

### *Récepteur*

Vérifie si l'information lui est destinée

Si oui la traiter

Retransmettre l'information sur l'anneau

☒ Exemples de LAN: Token-Ring, FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

## Méthodes dynamiques

### → Méthodes d'accès déterministe

#### Jeton adressé sur bus

- ↙ Permission d'accès
  - ☒ Trame spéciale: jeton
- ↙ Topologie en bus
- ↙ diffusion de l'information sur le support
- ↙ Principe

Jeton «passe» d'une station à l'autre selon une relation établie parmi les stations du réseau

## Méthodes dynamiques

#### *Emetteur*

- Gestion des @ de station (prédécesseur et successeur)
- Attente la possession du jeton adressé par le prédécesseur
- Transmission de l'information sur le support
- Envoyer le jeton qu successeur

#### *Récepteur*

- Vérifie si l'information lui est destinée
- Si oui alors la traiter
- Sinon l'écarter

- ☒ Exemples de LAN: Token-Bus

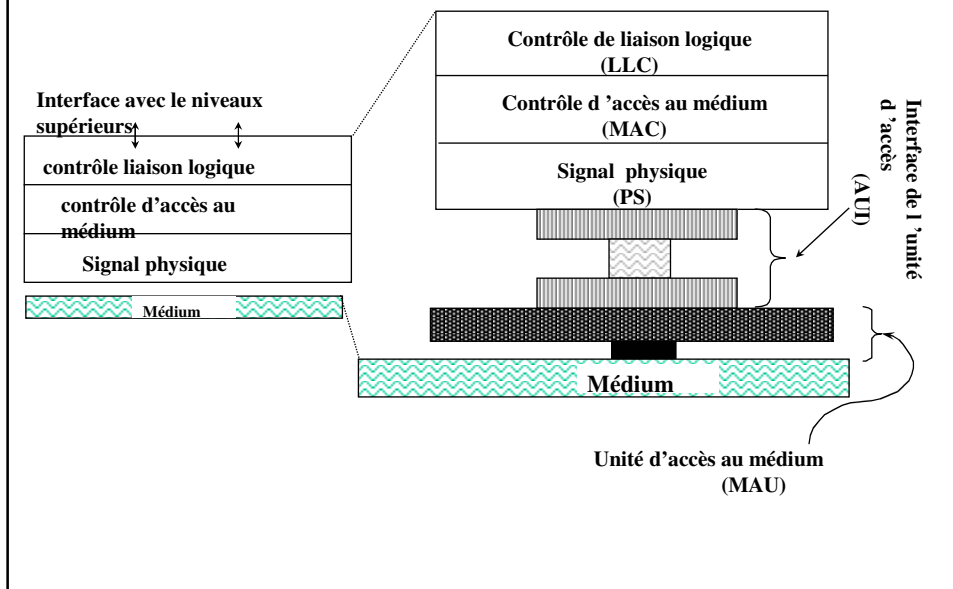
## Modèles et Normes IEEE

- Standardisation des réseaux locaux
- Comité 802 de l'organisme de normalisation IEEE
  - ↙ Supports ou médium
  - ↙ Liaison et méthode de partage du canal
  - ↙ Interface avec les couches supérieures
- Applications supportées
  - ↙ Transfert de fichier
  - ↙ Applications bureautiques
  - ↙ Processus de contrôle et de commande
  - ↙ Transmission de voix et d'images

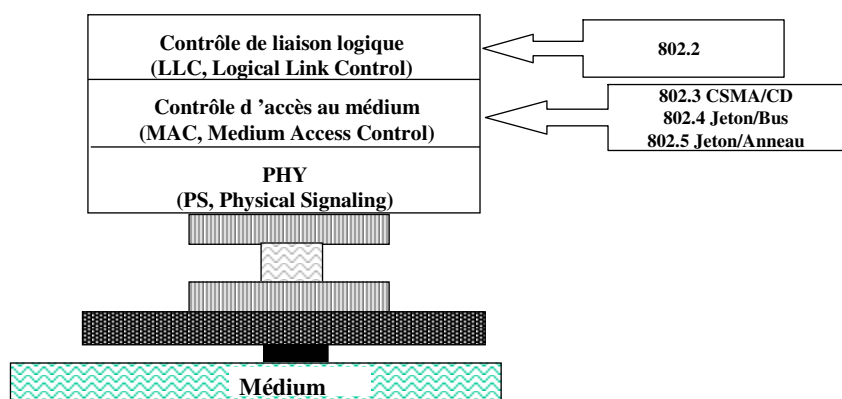
## Modèles et Normes IEEE

- Contraintes fonctionnelles
  - Au moins 200 unités connectées le long d'un segment
  - Etendue du réseau : de 2 km à 50 km
  - Débit : de 1 Mbit/s à 100 Mbit/s (voire 1 Gbit/s)
  - Taux d'erreur : négligeable
  - Broadcast et Multicast
- Conforme au modèle OSI

## Modèle de référence d'implantation



## Standardisation des LAN



### Autres types de réseau

802.6 ↑ DQDB (Distributed Queue Data Bus)

802.3u ↑ Fast Ethernet

## Norme IEEE 802.2 : Logical Link Control (LLC)

- ❑ Sous-couche commune des sous-couches MAC
- ❑ S'inspire du protocole HDLC
  - ↙ LLC1
  - ↙ LLC2
  - ↙ LLC3
- ❑ Offre l'interface d'accès à la couche Liaison
  - ↙ Primitives sans connexion
    - L\_DATA.request
    - L\_DATA.indication

## Norme IEEE 802.2 : Logical Link Control (LLC)

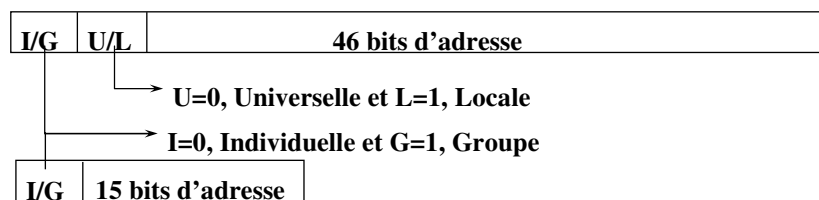
- ↙ Primitives avec connexion
  - L\_CONNECT  
(request, indication, response, confirm)
  - L\_DATA\_CONNECT  
(request, indication, response, confirm)
  - L\_DISCONNECT  
(request, indication)
  - L\_RESET  
(request, indication, response et confirm)
  - L\_CONNECT\_FLOW\_CONTROL  
(request, indication)

## Adressage physique

- ❑ Adresse physique du coupleur
- ❑ En général, elle est unique, universelle et attribuée à un seul équipement
- ❑ Deux longueurs possibles
  - ↙ Courte: 2 octets
  - ↙ Longue: 6 octets
- ❑ Deux type de définition
  - ↙ Locale
  - ↙ Universelle

## Adressage physique

- ❑ Deux modes d'utilisation
  - ↙ Groupe
  - ↙ Individuelle

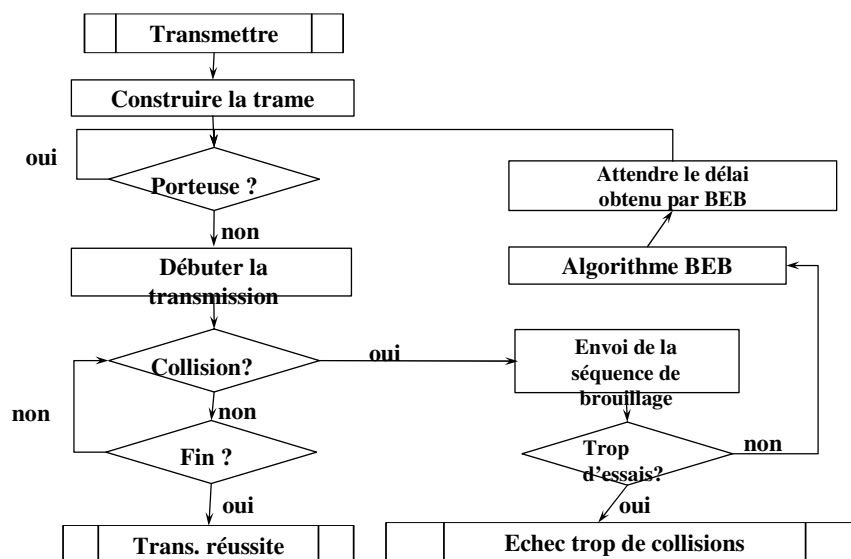




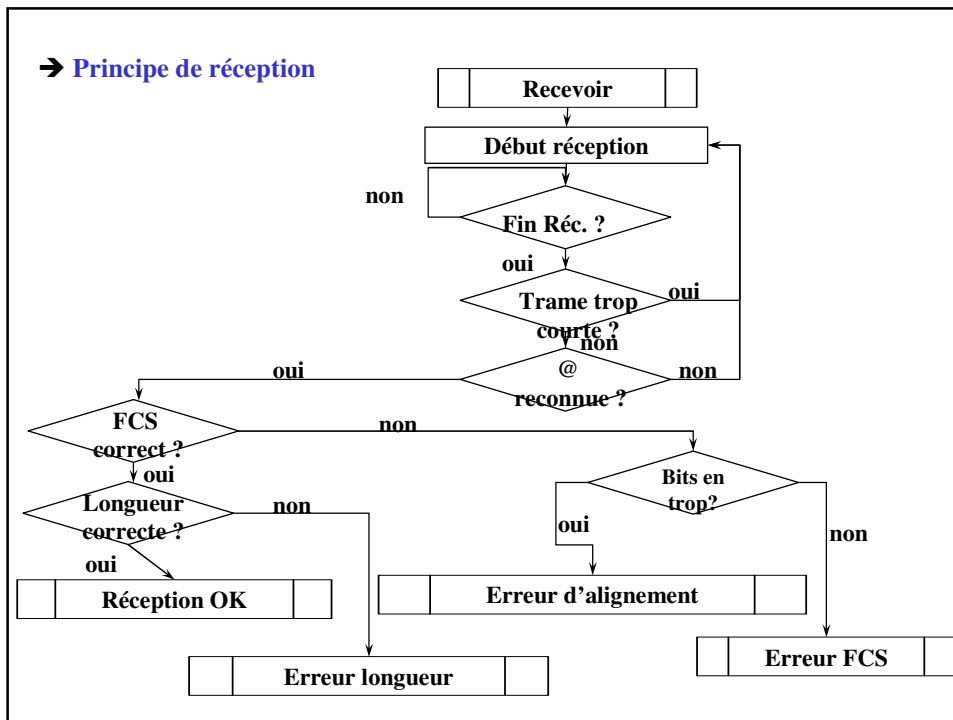
## Ethernet normalisé: Norme IEEE 802.3

- Spécification à partir des travaux de Xerox
- Normalisation de la méthode d'accès CSMA/CD
  - ✗ Conflits détectés par des collisions
  - ✗ Variante CSMA persistant
  - ✗ Gestion de collisions
    - Notification
    - Algorithme de reprise après collision (Algorithme BEB, Binary Exponential Backoff)
- Algorithmes d'émission et de réception
- Spécification des grandeurs physiques IEEE 802.3
- Structure de la trame Ethernet 802.3
- Spécification des supports physiques

### → Principe d'émission



→ Principe de réception



→ Spécification des grandeurs physiques IEEE 802.3

<u>Paramètres</u>	<u>Valeurs</u>
Tranche canal	→ 512 bits
Silence inter messages	→ 9.6 $\mu$ s
Nombre d'essais	→ 16
Limite BEB	→ 10
Taille mini. du brouillage	→ 32 bits
Taille maxi. des trames	→ 1518 octets
Taille mini. des trames	→ 64 octets
Taille des adresses	→ 6 octets

→ **Spécification des grandeurs physiques IEEE 802.3**

**Algorithme BEB**

**Procédure** backoff(tentative : entier, VAR W\_MAX : entier)

**Const** slot-time=51.2 (microsecondes); limite\_tentative=10;

**Var** delai : entier;

**BEGIN**

**Si** (tentative =1) **Alors**

        W\_MAX=2

**Sinon**

**Si** (tentative < limite\_tentative) **Alors**

            W\_MAX=W\_MAX\*2;

**fsi**

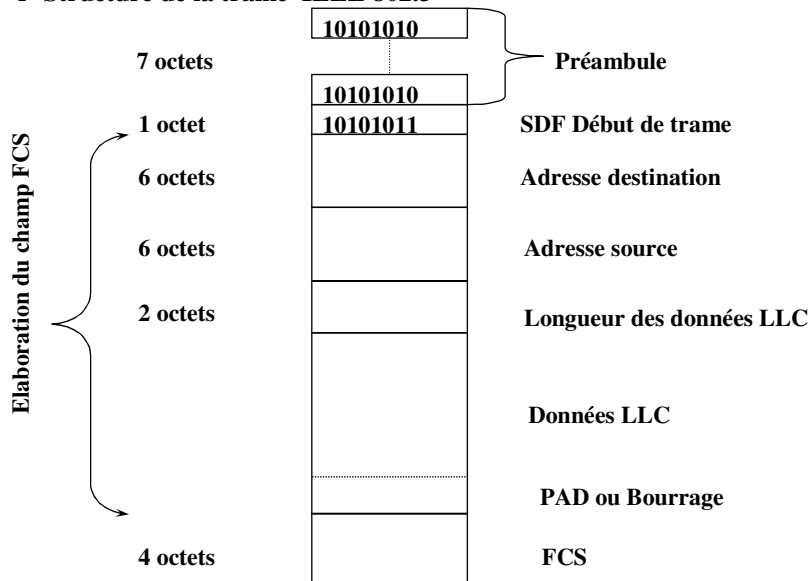
**fsi**

    delai := int(random\*W\_MAX)

    attendre(delai\*slot\_time)

**END**

→ **Structure de la trame IEEE 802.3**



→ **Spécification des supports physiques IEEE 802.3**

**Norme 10 BASE 5**

« Câble jaune »

**Impédance**

**Diamètre**

**Longueur maxi. segment**

**Distance mini. entre 2 stations**

**Nombre maxi. de stations/segment**

**Nombre maxi. de répéteurs**

**Longueur maxi. d'un chemin**

**Valeurs**

→ 50 Ω

→ 10 mm

→ 500 m

→ 2.5 m

→ 100

→ 4

→ 2.5 km

→ **Spécification des supports physiques IEEE 802.3**

**Norme 10 BASE 2**

« Câble noir »

**Impédance**

**Diamètre**

**Longueur maxi. segment**

**Distance mini. entre 2 stations**

**Nombre maxi. de stations/segment**

**Nombre maxi. de répéteurs**

**Longueur maxi. d'un chemin**

**Valeurs**

→ 50 Ω

→ 5 mm

→ 200 m

→ 0.5 m

→ 30

→ 4

→ 1 km

**Norme 10 BASE T**

« Paires torsadées »

**Topologie en étoile**

**Nombre de stations**

**Distance maxi. Hub/station**

**Valeurs**

→ Hub

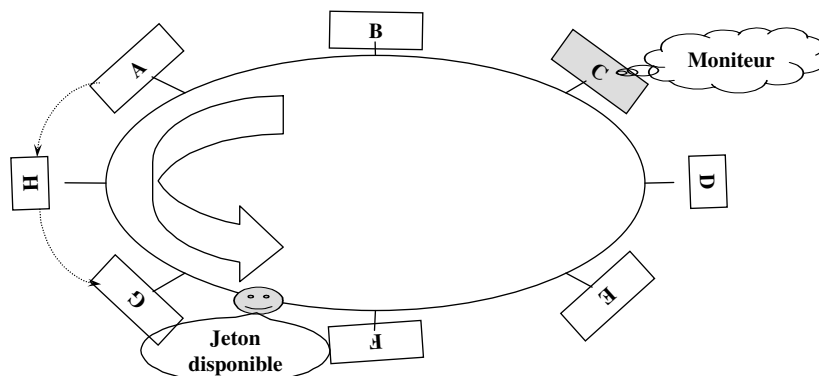
→ Nombre de ports sur un hub

→ 100 m

## Token Ring normalisé : Norme IEEE 802.5

- ❑ Développé par IBM
- ❑ Plusieurs types de réseau
  - ⌘ 1 Mbit/s
  - ⌘ 4 Mbit/s
  - ⌘ 16 Mbit/s
- ❑ Normalisation de la méthode d'accès à jeton sur anneau
  - ⌘ Méthode déterministe
  - ⌘ Gestion du droit d'accès au support
  - ⌘ Jeton sur une topologie en anneau
  - ⌘ Communication point-à-point entre deux stations
- ❑ Principe de la méthode du jeton sur anneau
- ❑ Structure de la trame IEEE 802.5

### → Principe de la méthode du jeton sur anneau



- Jeton circule en permanence
- 1 seule station le possède => évite les collisions
- La station qui a le jeton peut émettre 1 ou plusieurs trames pendant un temps limité
- Chaque station destinataire recopie + positionne «au vol» un/plusieurs bits pour indiquer si OK ou PB
- Lorsque la trame revient, elle est retirée par l'émetteur

## Token Ring

**Standard 802.5 spécifie couches  $\Phi$  et MAC + 1 protocole de gestion de la station et de l'anneau : SMT (Station Management)**

**Permet de gérer des niveaux de priorité : mécanisme de réservation du jeton**

**La trame/jeton contient**

- un niveau de priorité
- un niveau de réservation

## Token Ring

**Quand une trame passe**

**Si Priorité (station) > réservation => réservation**

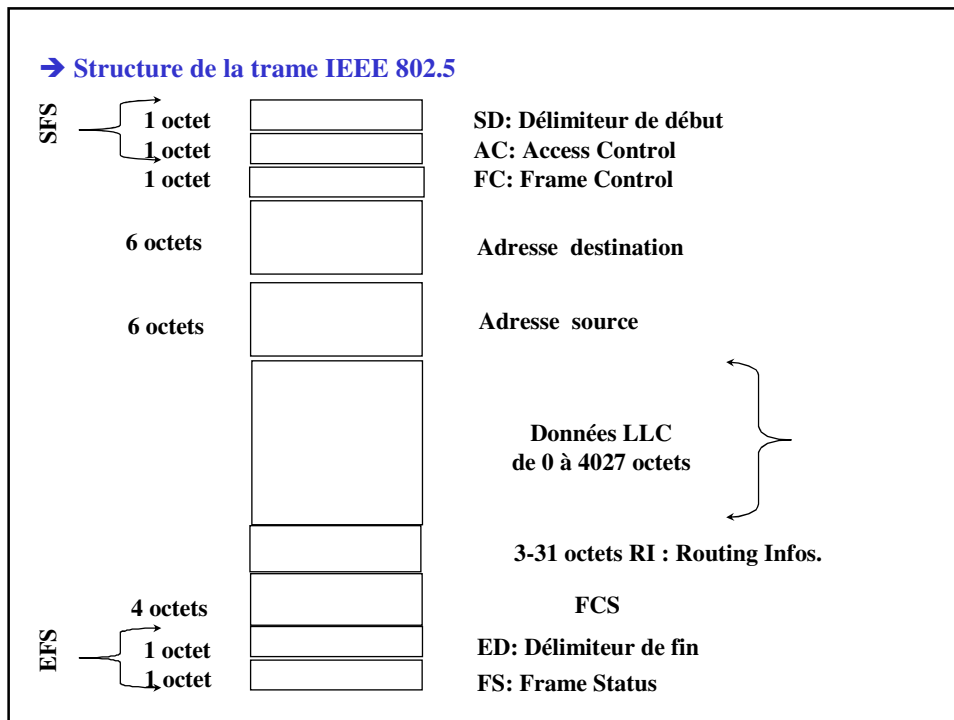
**Quand un jeton passe**

**Si Priorité (station) = Réservation,**

**prend le jeton + émet une trame**

**La station peut émettre plusieurs trames de priorités identiques**

**Rq: ne peut émettre que si elle est sûre qu'elle a le temps (Timer Holding Token)**



## TRAMES

Jeton => champs SD, AC, ED

**SD : Starting Delimiter JK0JK000** où JK symboles non binaires (i.e. transitions non utilisées sur le support  $\Phi$ )

**AC : Access Control PPPTMRRR**

**PPP : Priorité, RRR : Réserve**

**T : 0<=>jeton, 1 sinon, M : Surveill. retrait trames**

**FC : Frame Control, FFxxxxxxxx**

**FF=1x non défini, FF=00 trame MAC, FF=01 données**

**Trames MAC : demande jeton, Purge données, Monitoring**

## TRAMES

**DA : Destination Address cf Ethernet**

**RI : Routing Info. 000lg + entre 2 et 30 octets**

contient infos de routage (traverser plusieurs réseaux locaux)

**FCS : 4 octets**

**ED : End Delimiter JK1JK1IE**

**I=1 : trame intermédiaire, I=0 : dernière trame**

**E=0 initialement, dès qu'1 station détecte une erreur =>1**

**FS : Frame Status ACxxACxx : A (adresse reconnue) C(trame copiée) doublés pour sécurité**

**Trame de moins de 3 octets ignorée**

## Protocole SMT

**Gestion centralisée Moniteur Actif (Active Monitor). Autres stations en veille (Standby Monitor), capable de détecter 1 défaillance => reprennent le contrôle**

**Initialisation du réseau : Stations demandent le jeton (écoute + émission d'1 trame + attente) => moniteur actif génère 1 jeton**

**AM : reprise sur erreur jeton + t trames**

- Qd une trame passe => Bit M à 1 + tempo.
- Absence du jeton => Purge du réseau + remet 1 nouveau jeton
- Trame «orphelines» ou trop courtes => éliminées + purge
- Jeton non retiré est supprimé et remise d'un jeton de priorité basse

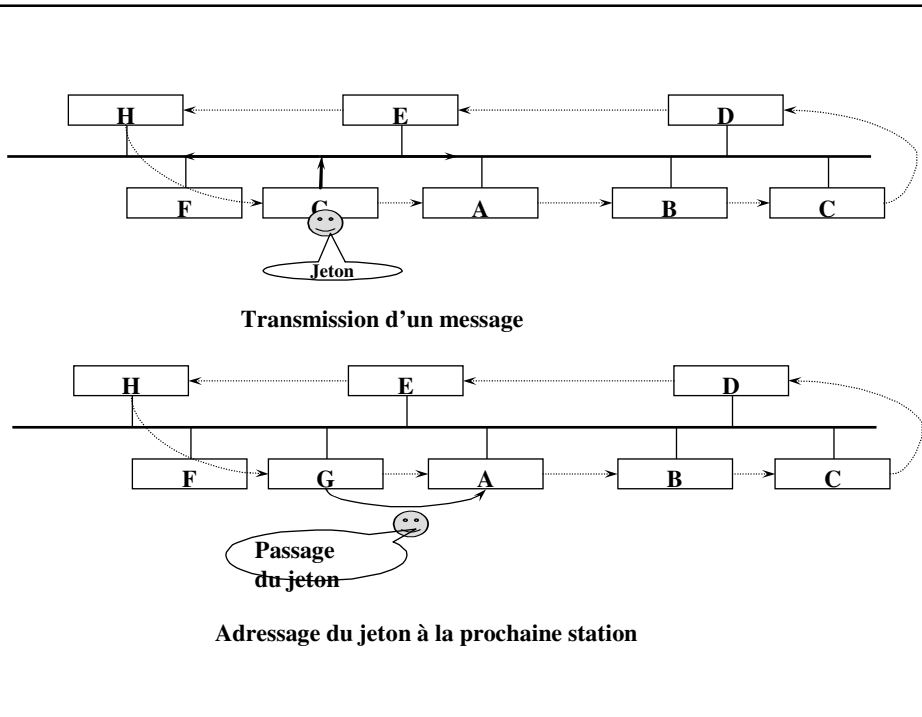
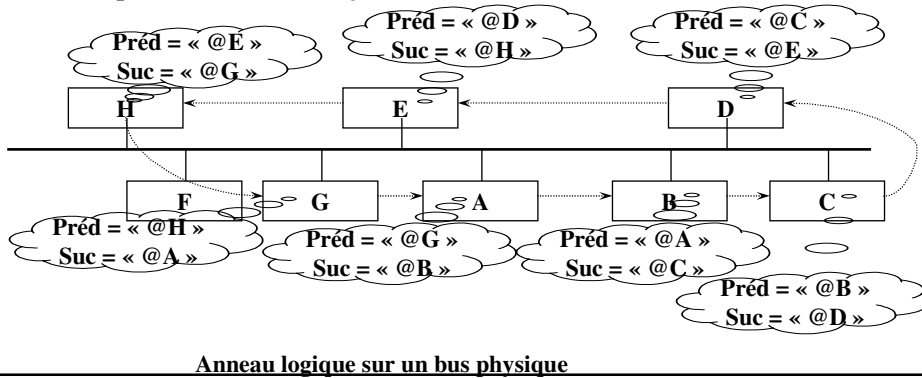
**Standby Monitor : s'identifie auprès de leur voisin => connecté de l'anneau + panne du moniteur**



**Token Bus normalisé: Norme IEEE 802.4**

- Développé par Datapoint
- Normalisation de la méthode d'accès à jeton sur bus
  - ↳ Méthode déterministe
  - ↳ Gestion du droit d'accès au support
  - ↳ Jeton sur une topologie en bus

**→ Principe de la méthode du jeton sur bus**



## Token Bus

Trames ~ Token Ring

Temps maximum de rotation du jeton + priorités :  
W allouée en utilisant un jeton temporisé

- Trames de + haute priorité transmises dans la limite d'un max THT (Token Holding Timer)  
(On peut montrer que  $n * THT \leq TRT$ )
- à chaque classe => TRTmax
- si le jeton revient avant son temps maximal (+ temps pris pour émettre les données des classes plus prio.), la station peut envoyer des trames de cette classe => expiration du tempo
- si le jeton revient après, pas de trames de cette priorité, on relâche le jeton.

4 classes de priorité :  $0 < 2 < 4 < 6$

Priorité contenues dans les trames (champ FC)

## VLAN (Virtual Area Network)

- Plusieurs réseaux logiques indépendant sur le même réseau physique
- La communication n'est autorisée qu'entre machines d'un même VLAN
- Les communications inter-VLAN doivent transiter par un routeur

## VLAN

- L'appartenance à un VLAN étant définie logiquement et non géographiquement
- Les VLAN permettent d'assurer la mobilité des postes de travail
- Plusieurs niveaux de VLAN

85

## VLAN

- VLAN niveau 1 ou VLAN par port (Port-Based VLAN)
  - les stations regroupées à un même port du commutateur
  - Configuration statique, le déplacement d'une station implique son changement de VLAN
  - un port peut raccorder des stations appartenant à plusieurs VLAN

86

## VLAN

- VLAN niveau 2 (MAC Address-Based VLAN)
  - Association des stations par leurs adresses MAC
  - Les tables d'adresse sont introduites par l'administrateur ou par apprentissage automatique
  - Une station peut appartenir à plusieurs VLAN
  - Une indépendance des protocoles supérieurs

87

## VLAN

- VLAN niveau 3 (Network Address-Based VLAN)
  - Les stations sont définies par leur adresse réseau
  - Les utilisateurs d'un VLAN sont affectés dynamiquement à VLAN
  - Une station peut appartenir à plusieurs VLAN par affectation statique
  - Le commutateur doit accéder à l'adresse de niveau 3 pour définir le VLAN
  - l'adresse de niveau 3 est utilisée comme étiquette pour une commutation (pas de routage)

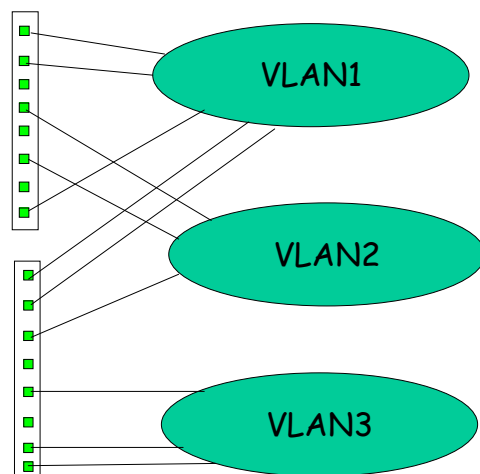
88

## VLAN

- Les VLAN peuvent être réalisés par
  - Protocole (IP, IPX...), la commutation ne pouvant s'établir qu'entre stations utilisant le même protocole
  - Par application (N° de port TCP), la constitution des VLAN est alors dynamique, un utilisateur pouvant successivement appartenir à des VLAN différents selon l'application utilisée
  - Par mot de passe (constitution dynamique des VLAN au login de l'utilisateur)

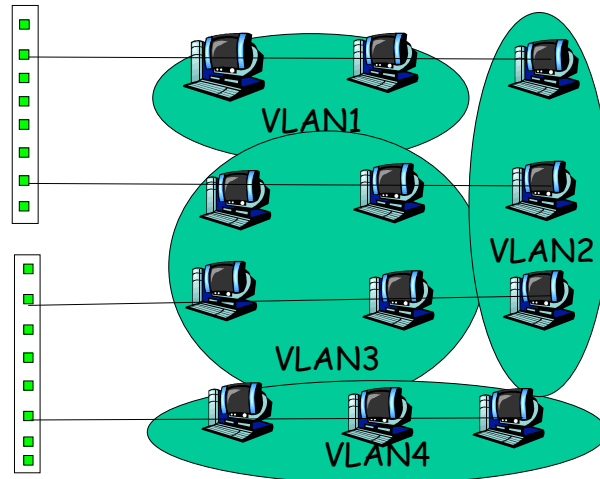
89

## VLAN niveau1, par port ou segment



90

## VLAN (niveau2(@MAC) ou (@IP))



91

## VLAN: la norme 802.1Q

- chaque commutateur doit pouvoir localiser toutes les machines et connaître le VLAN d'appartenance de la source et du destinataire
- Les tables peuvent être très grandes et pénalisant les performances
- Solution est d'étiqueter les trames (identifier le VLAN de la station source) → 802.1Q définit l'étiquetage des trames
- Un VLAN correspond à un domaine de broadcast
- Plusieurs VLAN par segment → une identification par VLAN (LAN tagging, 4 octets supplémentaires dans la trame MAC

VPID Ethertype	User priority	CFI	VID (VLANID)
2 octets	2 bits	1 bit	12 bits

VLAN Protocol ID est similaire au champ ethertype de la norme 802.3, il identifie le format 802.1 p/Q=0x8100  
 CFI (Canonical Format Identifier) 0: 802.3 et 1: Token Ring  
 VID: identifie sur 12 bits le VLAN destination

92

## Réseaux Locaux à haut débit : FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

### Motivation :

Faiblesses des Réseaux locaux classiques

- débit limité (10 Mbit/s)
- Support de type coax. ou paire torsadée

### Utilisation de la fibre optique

=> augmentation des débits (100 Mbit/s)

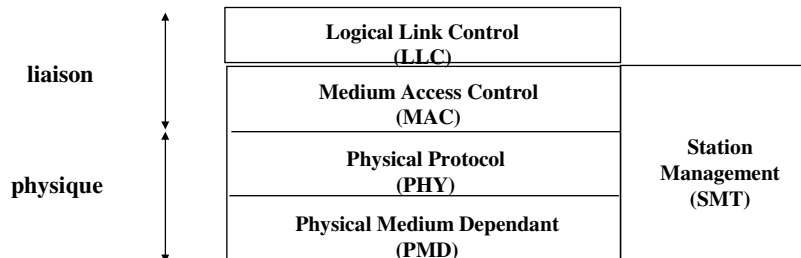
=> augmentation des distances (jusqu'à 200 km et 1000 stations)

### Contexte d'utilisation :

- Réseau « backbone » (fédérateur) : interconnexion de réseaux locaux
- Réseau local à haut débit : interconnexion de stations et de machines « puissantes »

## FDDI

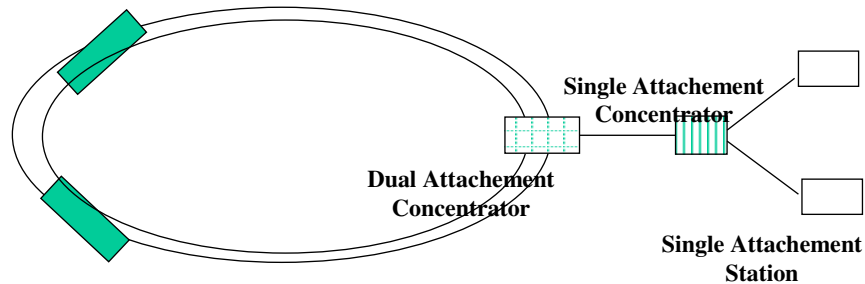
- Normes ANSI puis ISO
- Supports : fibre optique multimode ou monomode (et même paire torsadée)
- Topologie : 2 anneaux
- Protocole d'accès (MAC) : jeton temporisé
- Protocole de gestion (SMT)



- PHY : ss-couche physique indép. du support
- PMD : ss-couche spécifique : contrôleurs, récepteurs pour la fibre optique, attachement des stations à l'anneau ...

## TOPOLOGIE

### Dual Attachment Station



« Dual counter-rotating ring of Trees » : paire d'anneaux logiques sur lesquels sont reliées des cascades de concentrateurs et de stations esclaves qui forment des arbres

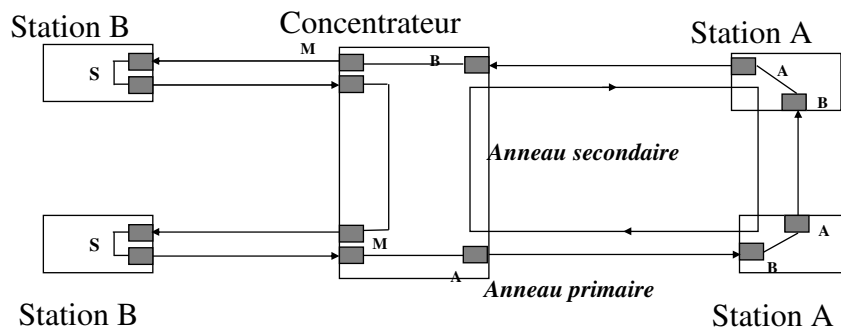
Double Anneau : reconfiguration en cas de pannes d'une station ou du réseau

## LES DIFFERENTS TYPES DE STATION

- port A : émission, port B : réception
- 3 types de stations (nœuds) selon leur rattachement à l'anneau primaire (Trunk Ring)
  - DAS (Dual Attachment Station - Station de Classe A) possède deux ports A et B pour le raccordement direct au Trunk Ring et au moins une entité MAC
  - SAS - Station de Classe B - raccordée via un concentrateur, une seule entité MAC, reliée par un port S (Slave)
  - Concentrateur : ne possède pas d'entité MAC
    - DAC : dual attachment concentrator, possède les deux ports A et B et autant de ports M (Master) que de SAS/SAC gérées
    - SAC



## LES DIFFERENTS TYPES DE STATION



**Un seul Trunk Ring : chaque fibre est reliée à un port A (émission) et à un port B (réception)**

**Dans le sous-arbre : chaque station est reliée à un port M à un bout et à un port S à l'autre**

**4 types de PHY : A, B, M et S**

## Fiabilité et Reconfiguration

**Topologie en anneau permet d'isoler les pannes**

- **Lien en panne : rebouclage grâce à l'anneau secondaire**
- **Station DAS peuvent être passives (switch interne relie les deux ports) => transfert direct vers la station suivante**
- **Concentrateurs peuvent supprimer de l'anneau une station en panne**

**Reconfiguration aisée en particulier grâce au deuxième anneau**

## Le niveau MAC

Utilisation d'un jeton temporisé sur une topologie en boucle

Principe :

- émission : reconnaissance et capture du jeton puis émission d'une ou de plusieurs trames
- remise du jeton : dès que la station a terminé sa transmission
- retrait des trames : par l'émetteur
- réception et positionnement des bits E, A et C idem Token Ring

Ring

2 types de trafic :

- synchrone : transmis en premier + garantie
- asynchrone : transmis évent. + priorité

## Protocole de Jeton Temporisé

### Objectif

garantir un délai maximum d'accès à l'anneau pour le trafic synchrone (plus prioritaire) de  $2 * TTRT$  et en moyenne de  $TTRT$

**TTRT** : Target Token Rotation Time, temps de rotation cible, négocié entre toutes les stations et connu de toutes

**S<sub>Ai</sub>** : Temps alloué à la station *i* pour son trafic synchrone par le protocole SMT

$$\sum_i S_{A_i} = 2 \cdot TTRT$$

**Temporisateur TRT** : Token Rotation Timer, réarmé à chaque remise du jeton et initialisé à  $TTRT$

**Temporisateur THT** : Token Holding Time, armé à l'arrivée du jeton et initialisé au reliquat de  $TRT$

## Stratégie d'émission

Si le Jeton arrive avant expiration de TRT (le jeton est en avance)

- $THT := TRT$  (reliquat)
- La station émet son trafic synchrone Sai
- La station émet du trafic asynchrone par ordre de priorité pendant le temps THT

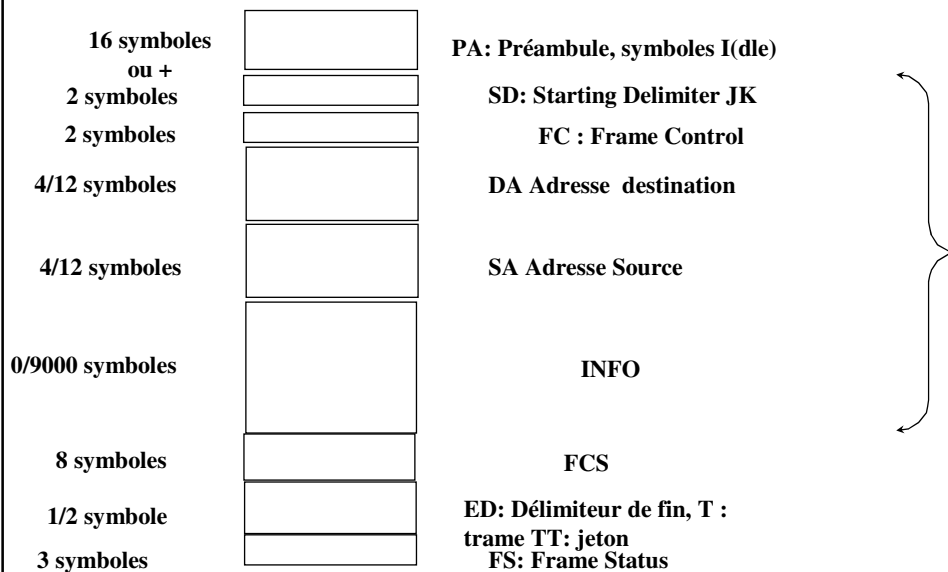
Sinon (le jeton est en retard)

- La station émet son trafic synchrone Sai
- Elle n'émet pas de trafic asynchrone

A l'initialisation de l'anneau, chaque station, en fonction de ses contraintes temporelles propose un TTRT.

On prend le TTRT le plus faible.

## Structure de la trame FDDI



## Structure de la trame FDDI

- **FC: Frame Control CLFF ZZZZ**
  - C class bit, L length bit (16 ou 48 bits)
  - FF ZZZZ : type de frame ;  
MAC, LLC, SMT, priorité
- **Format des adresses :**
  - 48 bits :** I/G U/L n°anneau sous-adresse de station
  - 16 bits :** I/G n°anneau sous-adresse de station
- **FS: Frame Status : 3 champs - 2 valeurs**
  - E : erreur, A: adresse reconnue, C: trame copiée
  - R(eset)/S(et) (True/False)
- **Format de Jeton : PA - SD - FC - ED**
  - 2 types de jeton :**
    - restreint : accessible à 1 groupe
    - non restreint : accessible à tous

## Station Management (SMT)

- ≠ Token Ring, pas de station prioritaire. Les stations sont toutes à même de détecter les anomalies
  - Expiration du temps de Transmission
  - Jeton en retard (2 fois de suite)
- Initialisation
- Claim Process (Recherche de jeton) :  
Les stations négocient TTRT
  - chacune propose le sien
  - le TTRT retenu est le min
  - la station considérée possède le jeton
  - chaque station mémorise le TTRT
- Beacon Process (réinitialisation)  
Permet de vérifier la connexité de l'anneau  
Chaque station émet en permanence des trames Beacon  
A la réception
  - Si ce sont les siennes elle arrête
  - Sinon elle copie l'adresse et les répète
- Si l'anneau n'est plus connexe, inondation

## Le niveau Physique

- Transmitters : diodes laser
- Lien : max 60km, extension 100km SONET (réseau public - Synchronous Optical NETWORK)
- Rapidité de Modulation : 125 Mbauds
- Nbr Maximal de Stations : 500 ( $\Rightarrow$  1000)
- Lg max du câble : 100 km ( $\Rightarrow$  200)
- distance entre les stations :
  - 2 km fibre multimode
  - 500 m en fibre low cost
  - jusqu'à 60 km en fibre monomode
  - < 100 m en paire torsadée
- Les supports ( $\neq$  couches PMD)
  - MultiMode Fiber MMF-PMD
  - LowCost Fiber LCF-PMD
  - CDDI : paires torsadées

## Le niveau Physique

- Transmission en bande de base
- Codage 4B/5B : 1 symbole  $\Rightarrow$  5 bits
- Transmission NRZI :
  - une transition pour un 1
  - pas de transition pour 0
  - En un intervalle : 2 bits
- Codage pour éviter les suites de 0
- Pas de signal d'horloge envoyé ; synchronis. par préambule
- Vitesse d'horloge : 62,5 MHz ( $100 * 5/4 * 0,5$ )  
(Manchester : 2 transitions par symbole  $\Rightarrow$  20 MHz pour Ethernet)

## **Conclusion**

- **Produits largement éprouvés**
- **Essentiellement Fédérateur de RL bas débit**
- **Solutions moins chères sur paire torsadée**
  
- **Pbs :**
  - **coût des composants optiques**
  - **Complexité gestion des stations FDDI**
  - **structure en anneau**
  - **Limitation du débit**
  - **Concurrence Ethernet**
    - **Fast Ethernet, Gigabit Ethernet**
  - **Echec FDDI II (trafic isochrone)**