



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

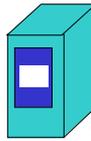
Bibliographie

- 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.

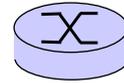
Matériels:



Server



mobile



routeur/switch

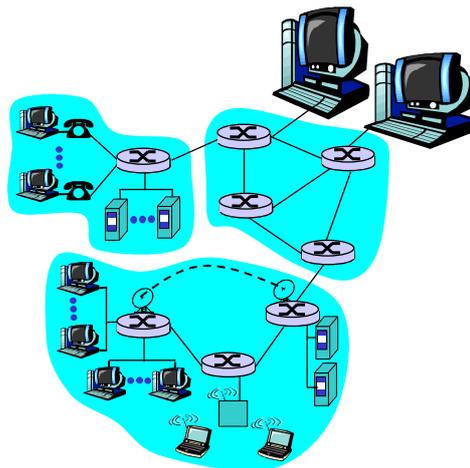


workstation

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,...

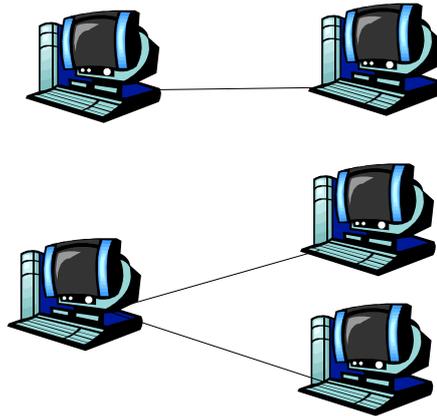
8

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

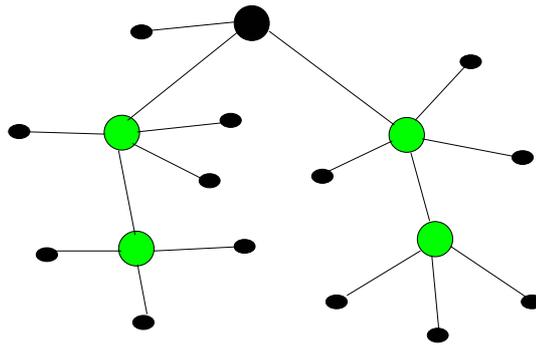
- Etoile

- Anneau

10

Topologies (physique)

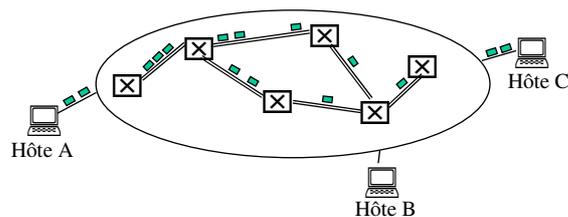
- Topologies construites: dérivés des réseaux en étoiles



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

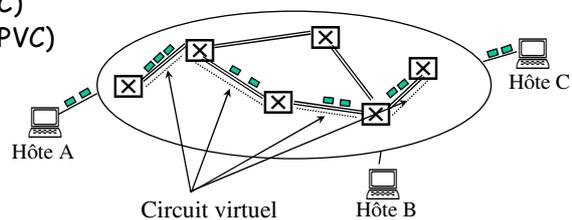


12

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

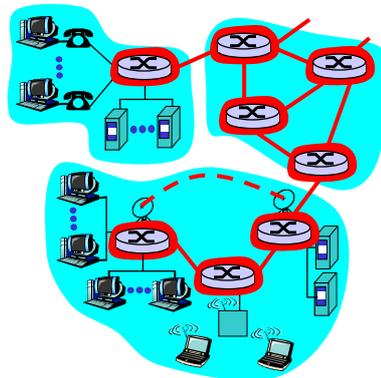
Modes de mise en relation

- 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"

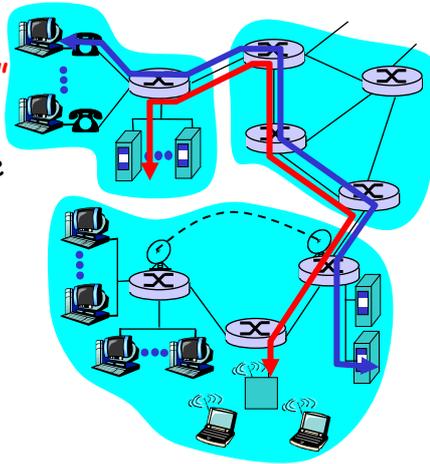


16

Réseau coeur: commutation de Circuits

ressources réservées de bout en bout par "appel"

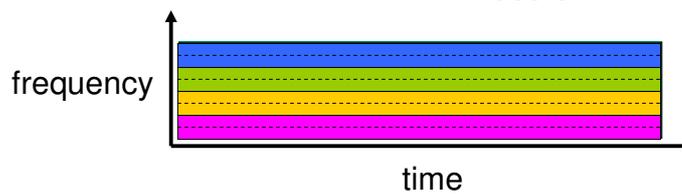
- bande passante de lien, capacité de commutation de commutation
- ressources: non partagées
- initialisation de l'appel demandé



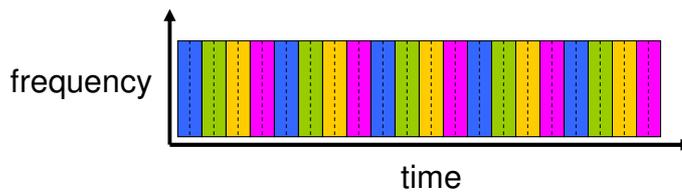
17

Commutation de Circuits: FDMA et TDMA

FDMA



TDMA



18

Réseau coeur: commutation par paquets

chaque flux de données est divisé en paquets

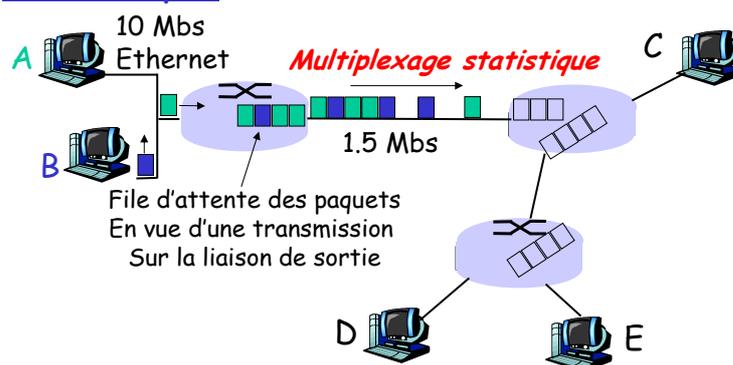
- les paquets des utilisateurs A, B partagent les ressources de réseau
- chaque paquet utilise la bande passante totale de lien

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

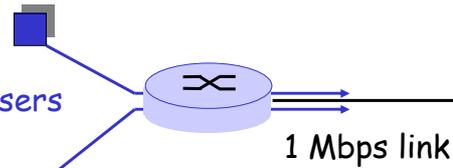
Commutation par/de paquets/circuits

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

- Liaison de 1 Mbit
- Chaque utilisateur:
 - 100 kbps quand "active"
 - actif 10% du temps

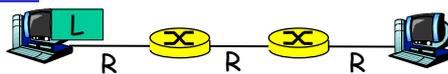
- commutation de circuits: N users
 - 10 utilisateurs

- commutation par paquets:
 - avec 35 utilisateurs, probabilité > 10 actifs moins de 0.0004



21

commutation par paquets: store-and-forward



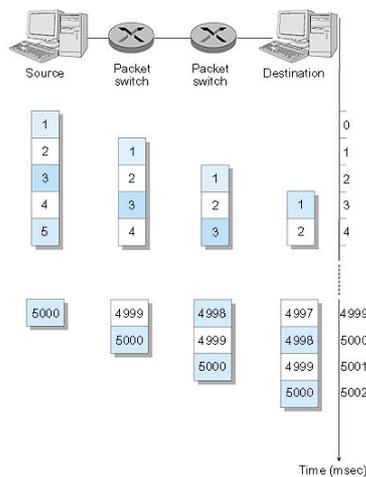
- L bits : longueur de message et R débit de lien
- délai = $3L/R$

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

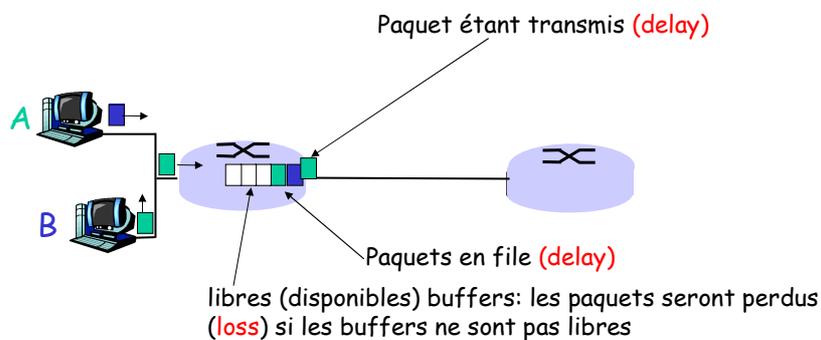
- 1,500 bits par paquet
- 1 msec pour transmettre un paquet sur un lien
- *pipelining*: chaque lien travaille en parallèle
- Délai réduit de 15 sec à 5,002 sec

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

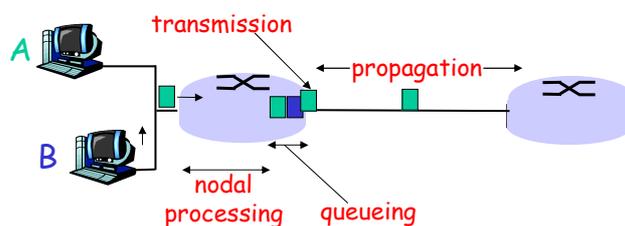
Différents types de retards

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

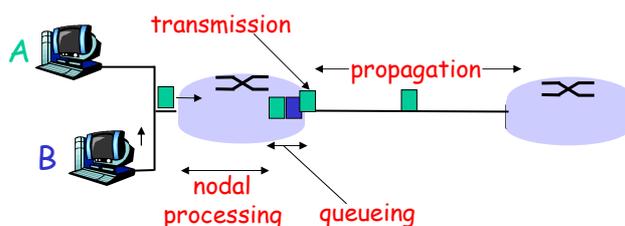
Différents types de retards

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

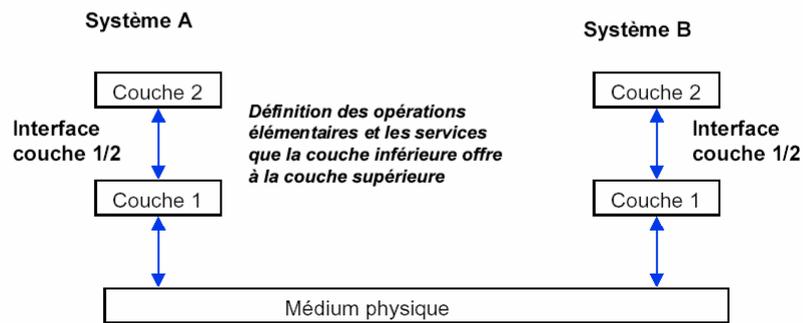
Normalisation

- **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

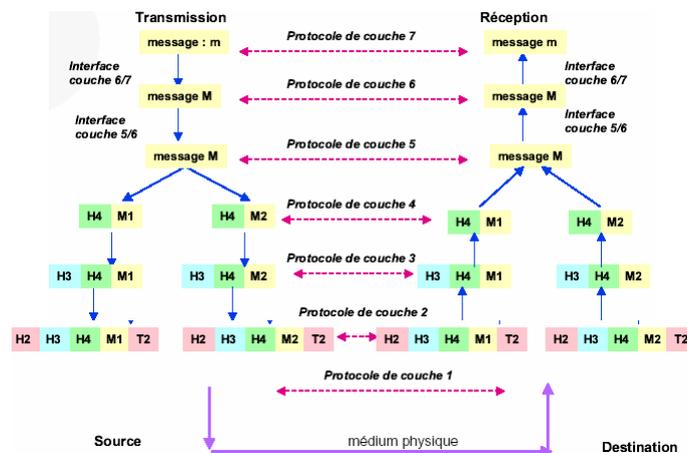
Généralités

- 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.



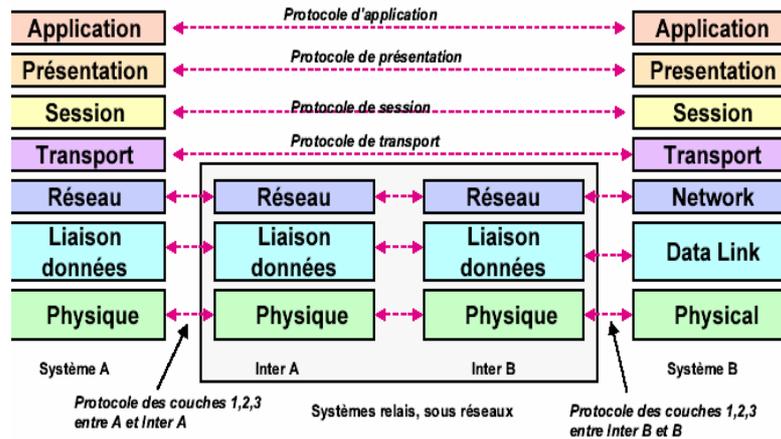
29

Généralités



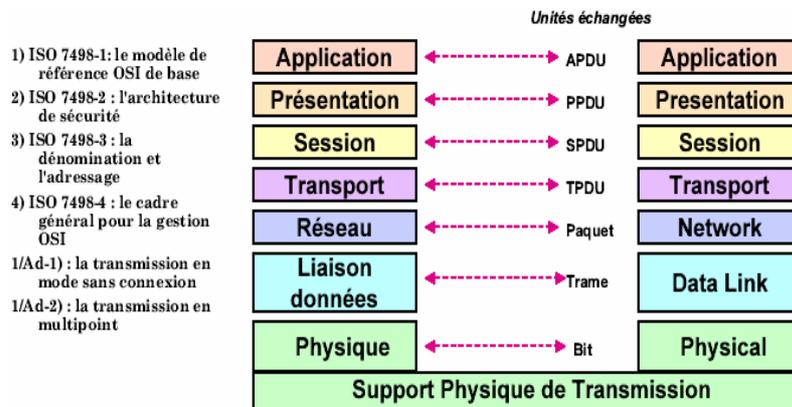
30

OSI : Modèle de Référence



31

OSI : Modèle de Référence

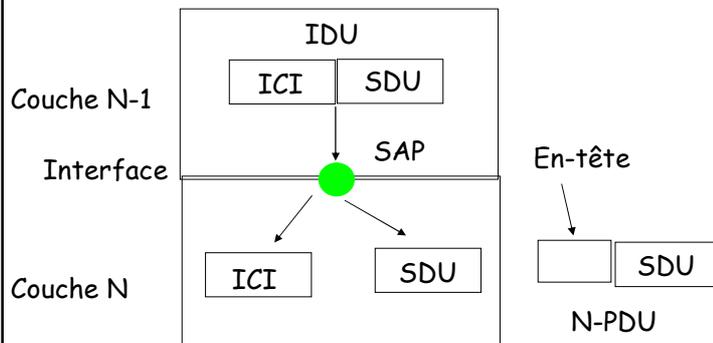


- 1) ISO 7498-1: le modèle de référence OSI de base
 - 2) ISO 7498-2 : l'architecture de sécurité
 - 3) ISO 7498-3 : la dénomination et l'adressage
 - 4) ISO 7498-4 : le cadre général pour la gestion OSI
- I/Ad-1) : la transmission en mode sans connexion
I/Ad-2) : la transmission en multipoint

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

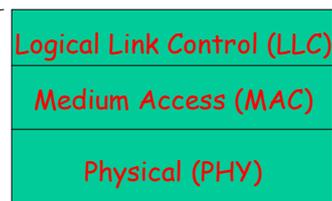
35

Normalisation

7 couches OSI



IEEE 802 standards



36

Normalisation

802.1 Considérations générales		802.7 Large bande						
802.8 fibre optique		802.10 sécurité						
LLC Logical Link Control								
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

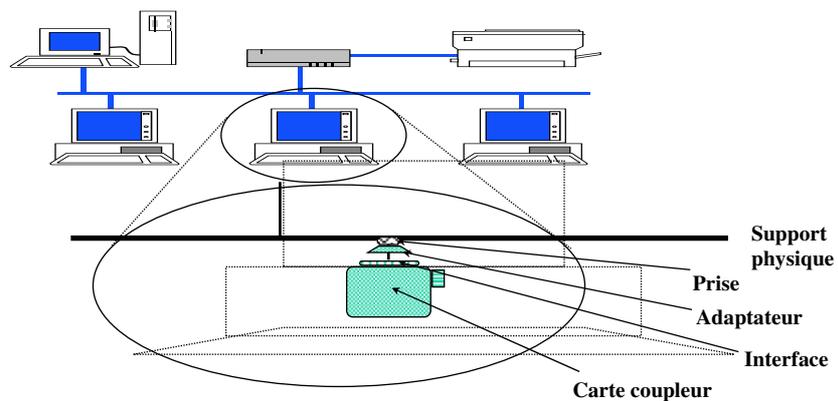
- ❑ Capacité binaire
10 Mbit/s à 100 Mbit/s => 1Gb/s
- ❑ Type d'informations véhiculée
Voix
Données
Images
- ❑ Topologie
Etoile
Bus
Anneau

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

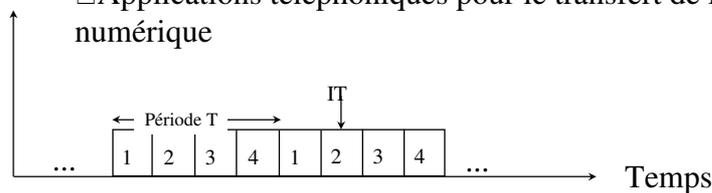
Méthodes statiques

- 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

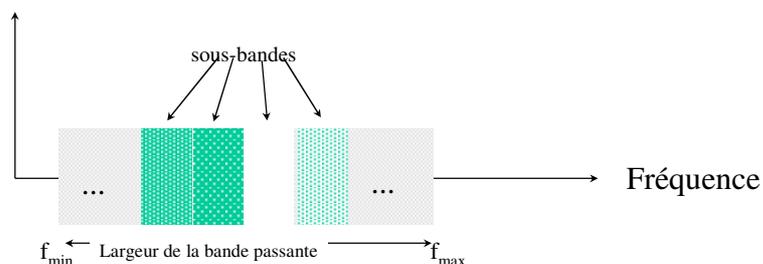


Méthodes statiques

→ 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

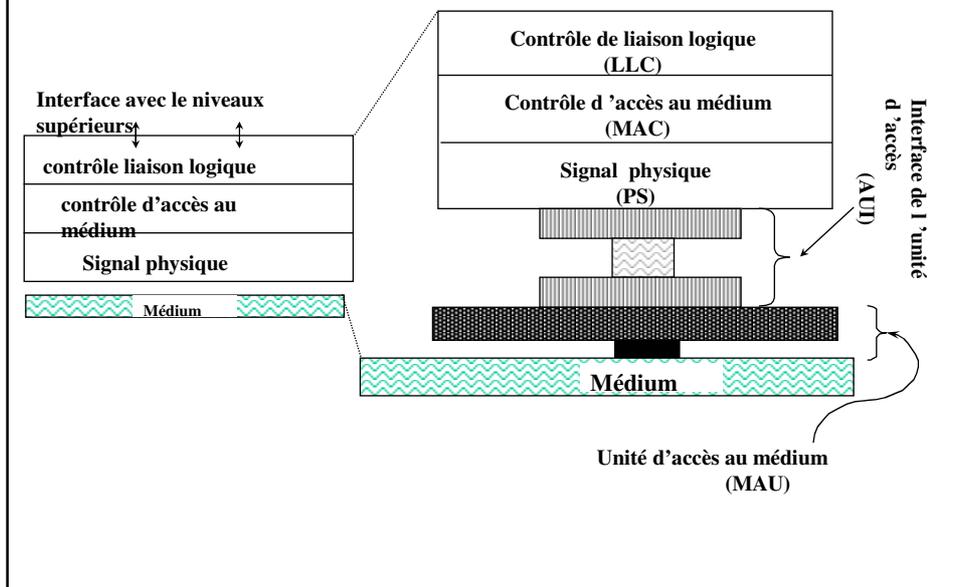
Modèles et Normes IEEE

- 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

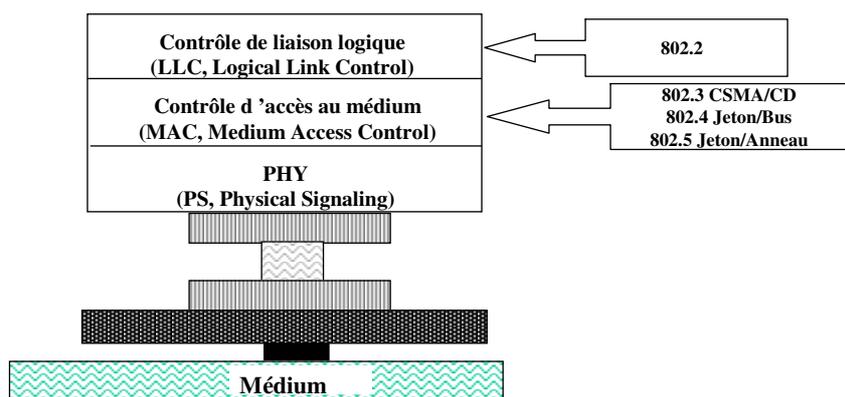
Modèles et Normes IEEE

- 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)

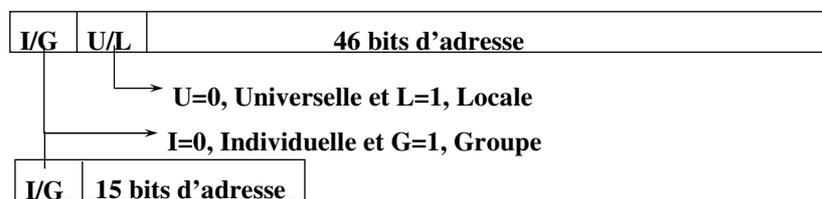
- ↙ Primitives avec connexion
 - L_CONNECT
(request, indication, response, confirm)
 - L_DATA_CONNECT
(request, indication, response, confirm)
 - L_DISCONNECT
(request, indication)
 - L_RESET
(request, indication, response et confirm)
 - L_CONNECT_FLOW_CONTROL
(request, indication)

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

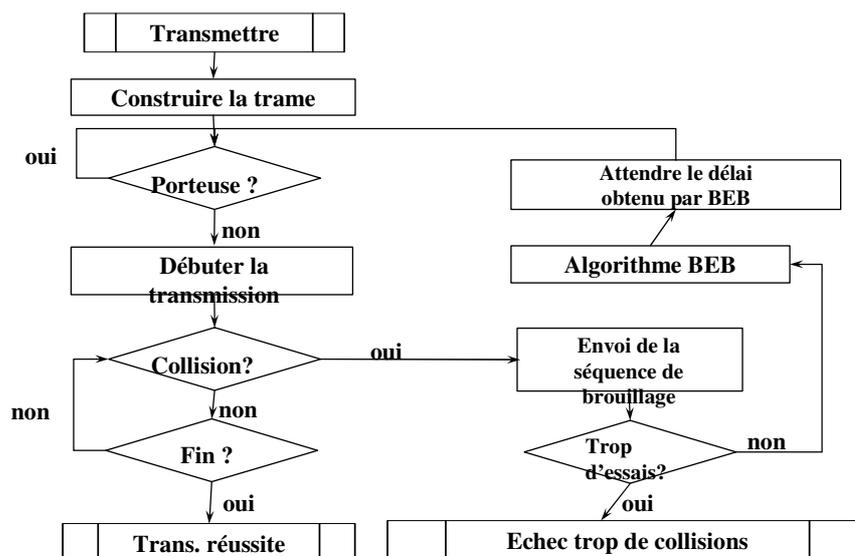
- ❑ Deux modes d'utilisation
 - ↙ Groupe
 - ↙ Individuelle



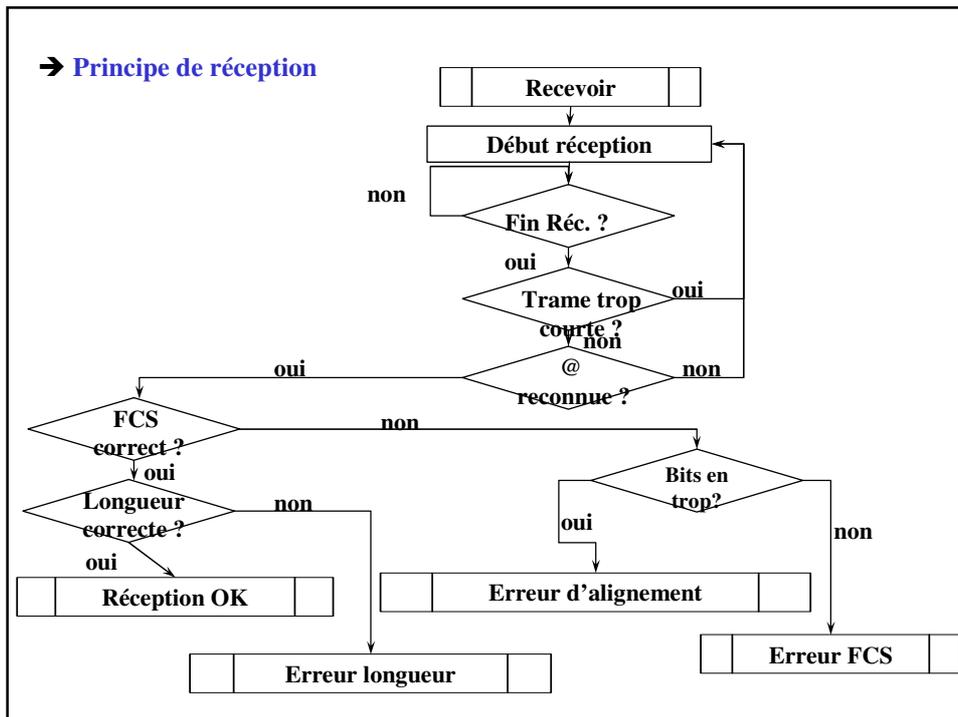
Ethernet normalisé: Norme IEEE 802.3

- 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 μ 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

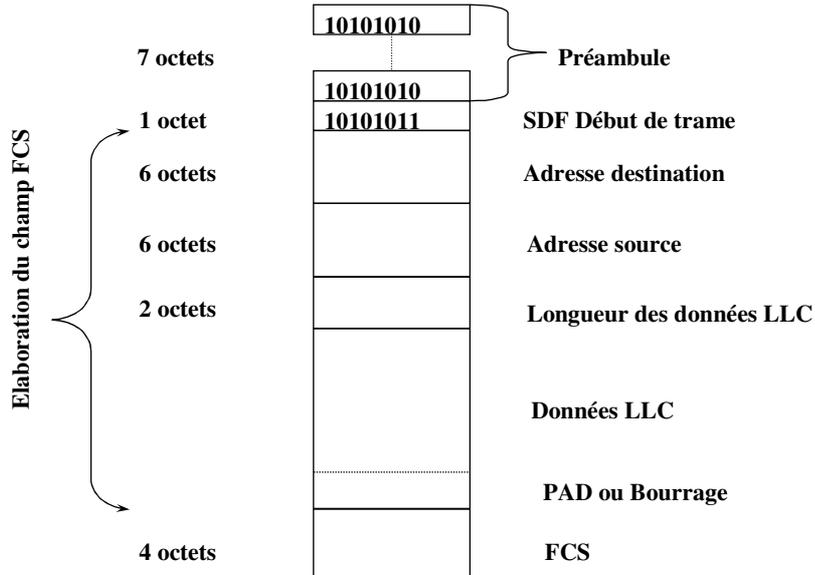
fsi

 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

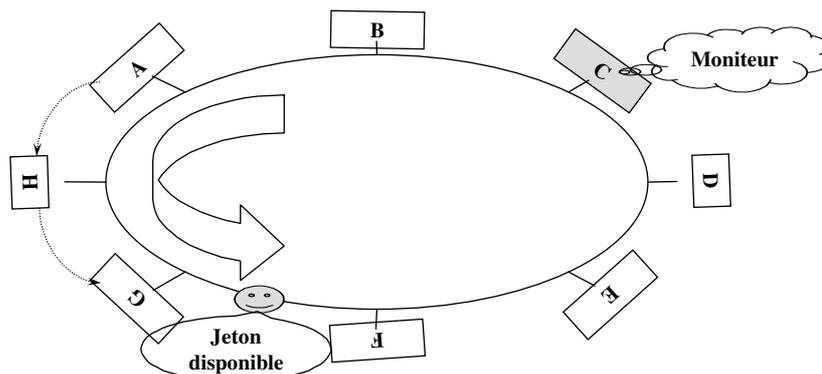
→ Nombre de ports sur un hub

→ 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 Φ 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

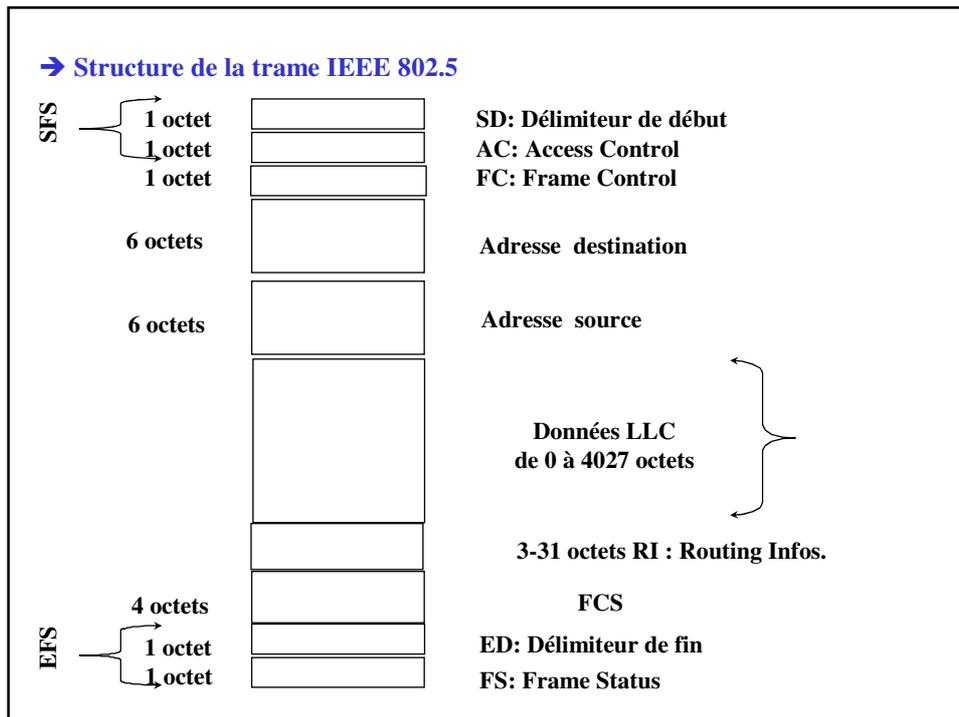
Quand un jeton passe

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 Φ)

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

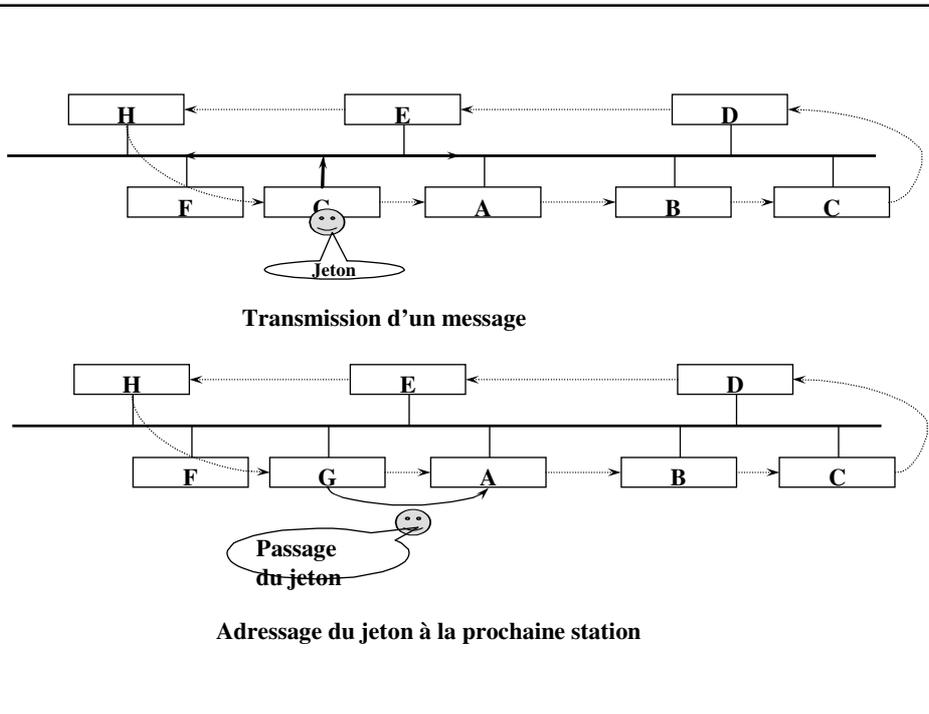
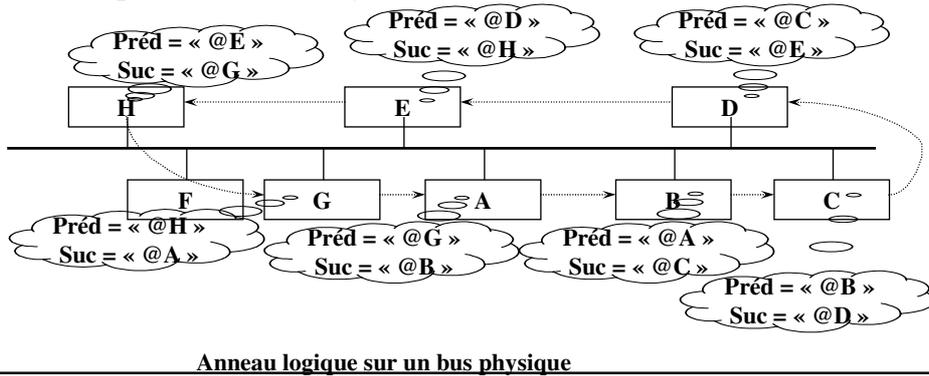
- Qd une trame passe => Bit M à 1 + tempo.
- Absence du jeton => Purge du réseau + remet 1 nouveau jeton
- Trame «orphelines» ou trop courtes => éliminées + purge
- Jeton non retiré est supprimé et remise d'un jeton de priorité basse

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 $\Rightarrow TRT_{max}$
- 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 \Rightarrow 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)

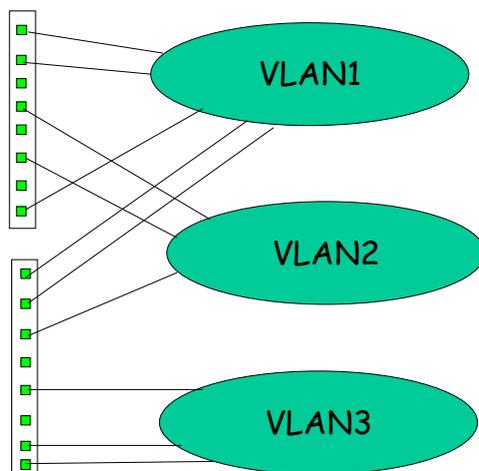
88

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)

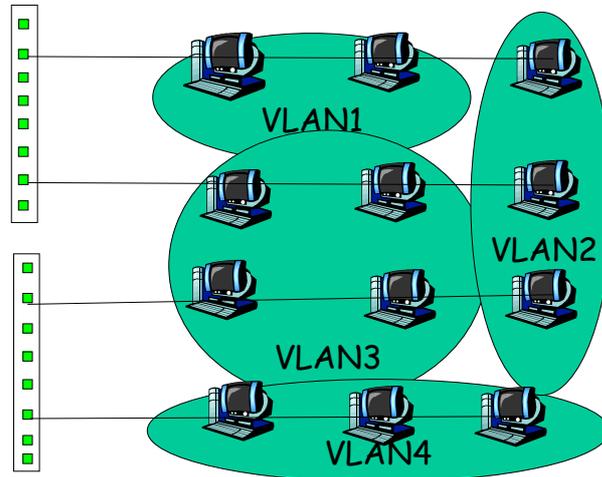
89

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)

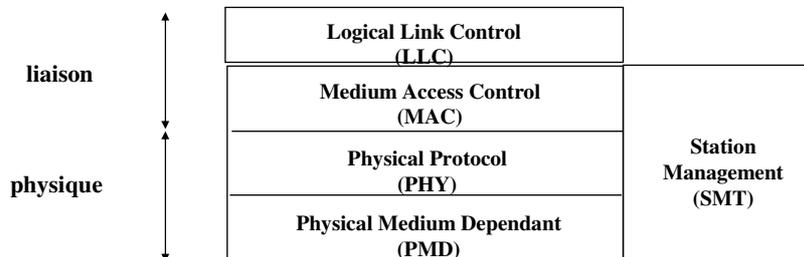
=> augmentation des distances (jusqu'à 200 km et 1000 stations)

Contexte d'utilisation :

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

FDDI

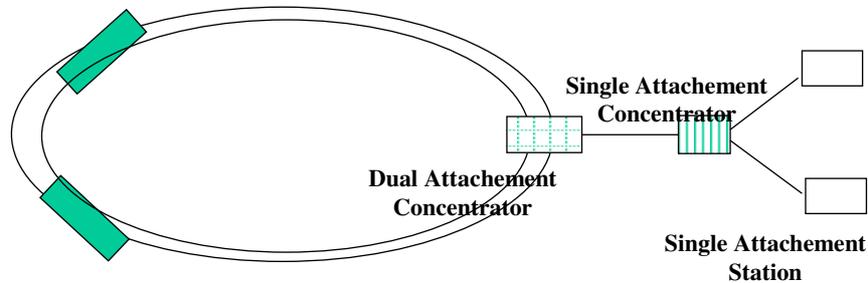
- Normes ANSI puis ISO
- Supports : fibre optique multimode ou monomode (et même paire torsadée)
- Topologie : 2 anneaux
- Protocole d'accès (MAC) : jeton temporisé
- Protocole de gestion (SMT)



- 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



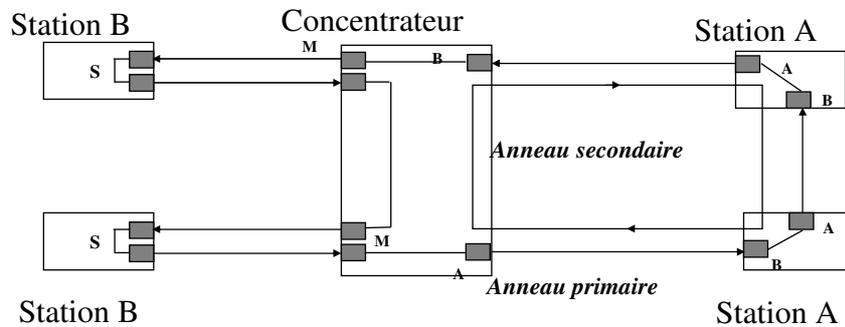
« Dual counter-rotating ring of Trees » : paire d'anneaux logiques sur lesquels sont reliées des cascades de concentrateurs et de stations esclaves qui forment des arbres

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

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

SA_i : Temps alloué à la station *i* pour son trafic synchrone par le protocole SMT

$$\sum_i SA_i = 2 \cdot TTRT$$

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

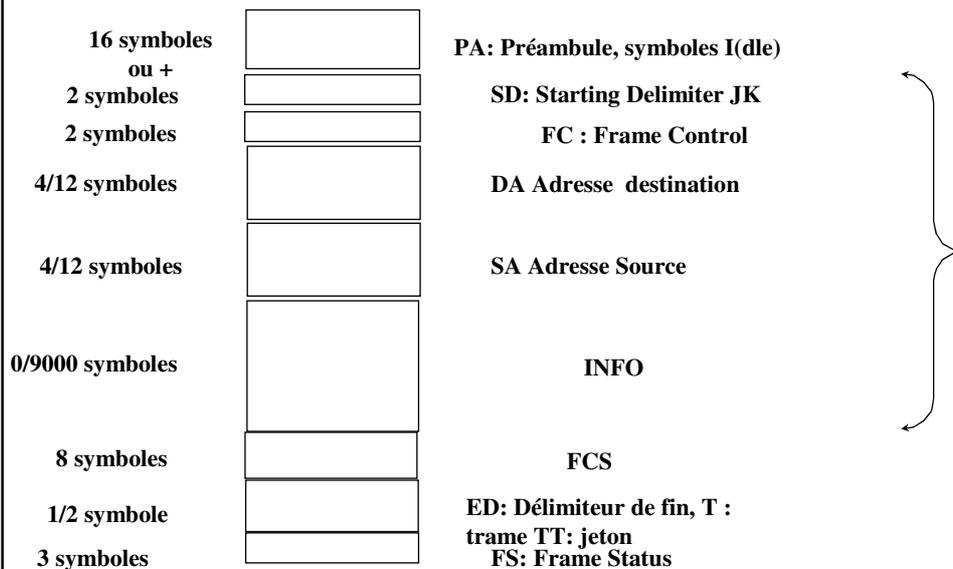
Sinon (le jeton est en retard)

- 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)

- \neq 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)**