

Réseaux Locaux

Mohamed Elhoucine Elhdhili

Email:

Med_elhdhili@yahoo.es,

1

Contenu du cours (1)

① Présentation générale

- ↳ Définitions et caractéristiques des réseaux
- ↳ Classification des réseaux en fonction de la distance
- ↳ Caractéristiques des réseaux locaux

② Technologie des réseaux locaux

- ↳ Classification des réseaux en fonction de la Topologie
- ↳ Le support physique
- ↳ Le mode de transmission
- ↳ Les protocoles d'accès
- ↳ Exercices

M.E.ELHDHILI & K. MAALAOUI

2

Contenu du cours (2)

③ Normalisation des réseaux locaux

- ↳ Les normes IEEE 802.x
 - Adressage MAC la norme IEEE 802.1
 - Sous-couche LLC la norme IEEE 802.2
 - Encapsulation LLC/SNAP
 - La norme IEEE 802.3
 - La norme IEEE 802.4
 - La norme IEEE 802.5
 - Exercices

④ Exemples de réseaux locaux: composants et câblages

- ↳ Ethernet
- ↳ Token-Ring
- ↳ Plan de câblage
- ↳ Exercices

M.E.ELHDHILI & K. MAALAOUI

3

Contenu du cours (3)

⑤ Les réseaux sous TCP/IP

- ↳ Architecture des protocoles
- ↳ Le protocole IP (RFC 791)
- ↳ Le protocole ICMP (RFC 792)
- ↳ Le protocole ARP (RFC 826)
- ↳ Les protocoles du niveau transport
- ↳ Désignation symbolique (RFC 882, RFC 883, RFC 1032 ...)
- ↳ Les sockets - programmation d'une application client/serveur
- ↳ Exercices

M.E.ELHDHILI & K. MAALAOUI

4

Contenu du cours (4)

⑥ Interconnexion des réseaux locaux

- ↳ Les répéteurs
- ↳ Les ponts
- ↳ Les routeurs
- ↳ Exercices



Références Bibliographiques

- ✓ **L. Toutain**, *Réseaux Locaux et Internet- Des Protocoles à l'Interconnexion*, Hermès, Paris, 1996, 526 pages.
- ✓ **G. Pujolle**, *Les Réseaux*, 3ème édition, Eyrolles, Paris, 2000, 1069 pages.
- ✓ **A. Tanenbaum**, *Réseaux*, 4ème Edition, Pearson Education, Paris, 2003, 908 pages.

Chapitre I

Présentation générale

Histoire des télécommunications

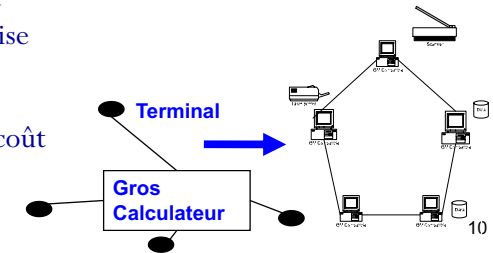
- ✓ Il existait deux entités juridiques différentes
 - ↳ La Conférence Internationale Télégraphique (la plus ancienne: créée en 1865 à Paris)
 - ↳ La Conférence Internationale Radiotélégraphique (Première réunion tenu à Berlin en 1906)
- ✓ En 1932, ces deux conférences se réunirent ensemble, à Madrid
 - ↳ Nom pour la nouvelle organisation: UIT (Union Internationale des Télécommunications)

Définitions

- ✓ Le terme “*télécommunication*” était officiellement défini, pour la première fois, à la conférence internationale de Madrid en 1932
 - ☞ “Toute communication télégraphique ou téléphonique de signes, de signaux, d'écrits et de sons de toute nature, par fil par radio ou autres systèmes ou procédés de signalisation électriques ou visuels”
- ✓ Une nouvelle définition du mot *télécommunication* fut adoptée au cours de la Conférence d'Atlantic City en 1947. Cette définition n'est pas très différente de la première, constitue la définition officielle actuelle
 - ☞ “Toute transmission, émission ou réception de signes, de signaux, d'écrits, d'images, de sons ou de renseignements de toute nature par fil, radioélectricité, optique ou autres systèmes **électromagnétiques**”

Définition d'un réseau local

- ✓ C'est un réseau de *télécommunication privé* reliant des équipements informatiques *géographiquement proches*
- ✓ C'est un réseau de communication permettant l'interconnexion d'équipements ou nœuds émetteurs/ récepteurs reliés par des liaisons de communication dans une zone géographique privée
 - ☞ Exemples:
 - ☞ Réseau local d'un campus universitaire
 - ☞ Réseau local d'entreprise
- ✓ Motivation
 - ☞ Micro-ordinateur à faible coût
 - ☞ Décentralisation



Pourquoi un réseau local?

- ✓ Partager les ressources (fichiers, imprimantes, ...)
- ✓ Augmenter les capacités de traitement
- ✓ Communication entre personnes dans l'entreprise
 - ☞ Réduire le coût de la communication en local
- ✓ Accès plus rapide aux données
- ✓ Diffusion générale (*broadcast*), diffusion restreinte (*unicast ou multicast*)
- ✓ Communication entre processus dans un RLI (Réseau local Industriel)
- ➔ Communication et organisation plus efficace

Classification des réseaux en fonction de la distance

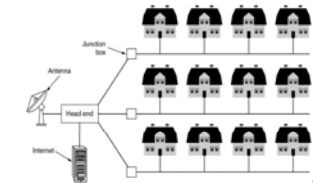
- ✓ Les réseaux peuvent être divisés en plusieurs catégories, dont les frontières sont plus ou moins floues, suivant les distances couvertes par ceux-ci
 - ☞ WAN (*Wide Area Network*): réseaux longue distance
 - ☞ MAN (*Metropolitan Area Network*): réseaux métropolitains
 - ☞ LAN (*Local Area Network*): réseaux locaux, regroupe les termes francophones suivants:
 - ☞ RLE: Réseaux Locaux d'Entreprise
 - ☞ RLI: Réseaux Locaux Industriels
- Exemples: FIP, CAN, Interbus, Profibus, LON et Bitbus

LAN (Local Area Network)

- ✓ Terminologie française: réseaux locaux
- ✓ Ensemble d'équipements informatiques d'une même organisation
 - ☞ Faible étendue géographique: ne dépasse pas quelques kilomètres
 - ☞ Débit élevé (>1Mb/s)
- ✓ Les LAN traditionnels offrent des débits variant de 10Mbit/s à 100Mbit/s
 - ☞ Les LAN récents atteignent des débits supérieurs à 10Gbit/s → HSLAN (High Speed LAN)
- ✓ Faible délais de transmission: $10^{-9} < \text{délai} < 10^{-6}$ s
- ✓ Taux d'erreurs faible ($< 10^{-9}$)
- ✓ Parmi les réseaux locaux, on distingue:
 - ☞ DAN (Departmental Area Network): permet de relier les équipements d'un même département situé souvent dans un même étage
 - ☞ BAN (Building Area Network): réseau confiné dans un seul bâtiment
 - ☞ Les réseaux d'établissements relient des réseaux DAN
 - ☞ CAN (Campus Area Network)

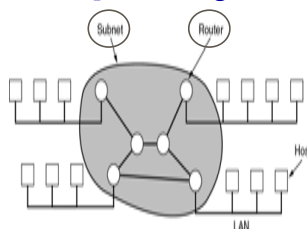
MAN (Metropolitan Area Network)

- ✓ Terminologie française: réseaux fédérateurs
- ✓ Constituent une extension des réseaux locaux d'étendue géographique entre 10 km et 100 Km
 - ☞ Peut couvrir un grand campus, une ville ou entre les différents bâtiments d'une entreprise
 - ☞ Peut être public aussi bien que privé
 - ☞ Les lignes qu'utilise le MAN (lignes téléphoniques spécialisées) sont totalement différentes de celles d'un LAN, car elles permettent de transmettre des données sur de très grandes distances
 - ☞ Le coût d'un MAN est considérablement supérieur à celui d'un LAN
- ✓ Le taux d'erreur est relativement faible
- ✓ Délais de transmission réduits
- ✓ Routage assez simple
- ✓ Exemple: le réseau câblé de télévision



WAN (Wide Area Network)

- ✓ Terminologie française: réseaux publics
- ✓ Généralement d'étendue > 100 Km
- ✓ Permet l'interconnexion de LAN et MAN à l'échelle d'une ville, région, pays ou la planète
- ✓ Infrastructure publique
- ✓ Les modems sont un des éléments de base des WANs
- ✓ Utilisation facturée en fonction
 - ☞ De la bande passante réservée, pour les lignes louées
 - ☞ Du trafic
- ✓ Exemple: Internet



Caractéristiques des réseaux locaux

- ✓ Variété des équipements pouvant être interconnectés (ordinateurs, terminaux, commutateurs, capteurs,...)
- ✓ L'étendue géographique des noeuds à connecter est limitée (<10km)
- ✓ Réseau privé
- ✓ La topologie (bus, anneau, étoile...)
- ✓ Les supports de transmission (supports métalliques, fibres optiques, ondes radioélectriques,...)
- ✓ La méthode d'accès au canal
- ✓ Le débit de transmission élevé (>1Mb/s)
- ✓ Temps de réponse faible (\approx centaines de microsecondes)
- ✓ Taux d'erreur faible ($< 10^{-9}$)
- ✓ Facilité d'extension, de maintenance et de reconfiguration

Principaux composants d'un réseau local

- ✓ Les différents types de réseaux locaux ont les points communs suivants:
 - ☞ Les nœuds sont des ordinateurs (on parle d'ordinateur hôtes)
 - ☞ Le support physique (le câblage)
 - ☞ Les prises de connexion des nœuds au support: prise vampire, BNC, prise en T, prise téléphonique, RJ45, ...
 - ☞ Les cartes coupleurs ou les transmetteurs (*transceivers*): assurent la gestion de l'accès à la ligne et la transformation des signaux
 - ☞ Les ponts, les routeurs et les passerelles (*gateways*) permettent d'accéder à un réseau depuis un autre
 - ☞ Ressources partagées: fichiers, imprimantes ou autres éléments utilisés par les utilisateurs du réseau

Chapitre II

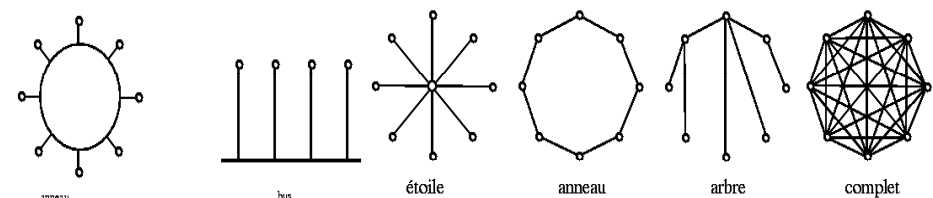
Technologie des réseaux locaux

PLAN DU CHAPITRE

- ☞ Topologies des réseaux locaux
 - ☞ Topologie en bus/ arbre
 - ☞ Topologie en anneau (en boucle)
 - ☞ Topologie en étoile
- ☞ Le support physique
- ☞ Le mode de transmission
- ☞ Les protocoles d'accès
- ☞ Exercices

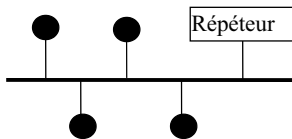
Topologies des réseaux locaux

- ✓ La topologie physique d'un réseau décrit la configuration physique relative à l'interconnexion des noeuds entre eux au moyen d'un support de transmission
- ✓ On distingue deux types de liaison:
 - ☞ Liaison point à point où deux noeuds sont reliés par une voie de communication qui leur est réservée
 - ☞ Liaison multipoint (à diffusion) où plusieurs noeuds partagent la même voie de communication



Topologie en bus/ arbre (1)

- ✓ Tous les noeuds sont raccordés à une même liaison physique multipoint appelée bus (accès multiple)
- ✓ Avantages
 - ☞ Facilité d'ajout/suppression d'un noeud
 - ☞ La défaillance d'un noeud n'a aucun effet sur le réseau
 - ☞ Propriété de diffusion
 - ☞ Coût relativement faible
- ✓ Inconvénients
 - ☞ Une coupure du réseau divise le réseau
 - ☞ La longueur du bus est limitée (dans le cas d'un bus passif)
 - ☞ Un seul noeud peut émettre à la fois (dans le cas d'un seul canal)

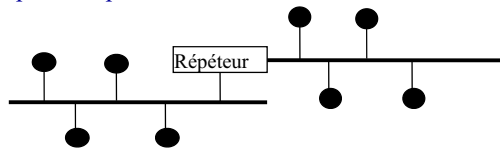


Topologie en bus/ arbre (2)

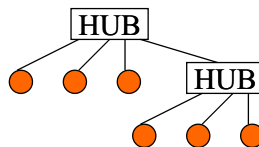
- ✓ Le contrôle d'accès est soit centralisé au niveau d'un noeud maître, soit réparti à travers les différents noeuds.
- ✓ On distingue deux types de bus:
 - ☞ Bus unidirectionnel: les signaux circulent suivant un sens unique, il est donc nécessaire d'utiliser 2 canaux (un par sens)
 - ☞ Bus bidirectionnel: les signaux peuvent circuler dans les deux sens
- ✓ Les bus sont le plus souvent des structures passives (il ne possède pas de composants électroniques pour maintenir ou re-générer le signal)

Topologie en bus/ arbre (3)

- ✓ Une extension de la topologie en bus est celle où plusieurs bus sont reliés au moyen de répéteurs pour former un réseau dit en arbre (sans boucle)

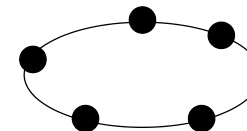


- ✓ La tendance actuelle est de remplacer le bus par un noeud central appelé HUB, qui duplique un signal reçu sur une entrée sur toutes les sorties
 - ☞ La topologie physique est ainsi ramenée à une étoile ou un arbre (dans le cas où sont interconnectés plusieurs HUBs). Le fonctionnement reste comparable à celui d'un bus.



Topologie en anneau (en boucle) (1)

- ✓ Les noeuds sont reliés entre eux par des liaisons point à point
 - ☞ L'ensemble forme une boucle
- ✓ Les messages transitent de noeud en noeud suivant un sens de rotation
- ✓ Le câblage d'un réseau local en anneau est le plus souvent en étoile



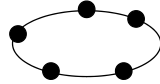
Topologie en anneau (en boucle) (2)

✓ Avantages

- ☞ Signal régénéré à chaque retransmission → Bonne qualité
- ☞ Simplicité de l'acheminement des messages

✓ Inconvénients

- ☞ La défaillance d'un nœud ou d'une liaison paralyse tout le réseau
- ☞ L'ajout et suppression de nœuds nécessitent une mise hors service temporaire du réseau
- ☞ Coûteuse
 - ☞ Nécessité d'assurer la répétition du signal
 - ☞ La synchronisation entre toute paire de nœud
 - ☞ La réduction des temps de latence sur chaque station intermédiaire



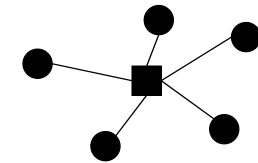
Topologie en étoile (1)

- ✓ Elle est composée d'un nœud de commutation central ou d'un serveur auquel sont reliés, par des liaisons point à point, tous les autres nœuds

☞ Exemple de nœud central: l'autocommutateur téléphonique privé PABX ou PBX (Private Automatic Branch eXchange)

- ✓ La commutation est soit une commutation de circuits soit une commutation de trames/ paquets

PABX Matra
série
MC6500



Topologie en étoile (2)

✓ Avantages

- ☞ Facilité de maintenance
- ☞ Défaillance d'un nœud simple ne paralyse pas tout le réseau
- ☞ Possibilité de communication en parallèle
- ☞ Extension facile (limité par le nombre de ports)

✓ Inconvénients

- ☞ Risque du surcharge du nœud central
- ☞ Défaillance du nœud central ?
- ☞ Extensibilité limité
- ☞ La diffusion nécessite des mécanisme supplémentaires
- ☞ La longueur du câble importante

PLAN DU CHAPITRE

☞ Topologies des réseaux locaux

☞ Le support physique

☞ Les paires torsadées

☞ Câble coaxial

☞ La Fibre optique

☞ Le raccordement à un câble

☞ Le mode de transmission

☞ Les protocoles d'accès

☞ Exercices

Le support physique

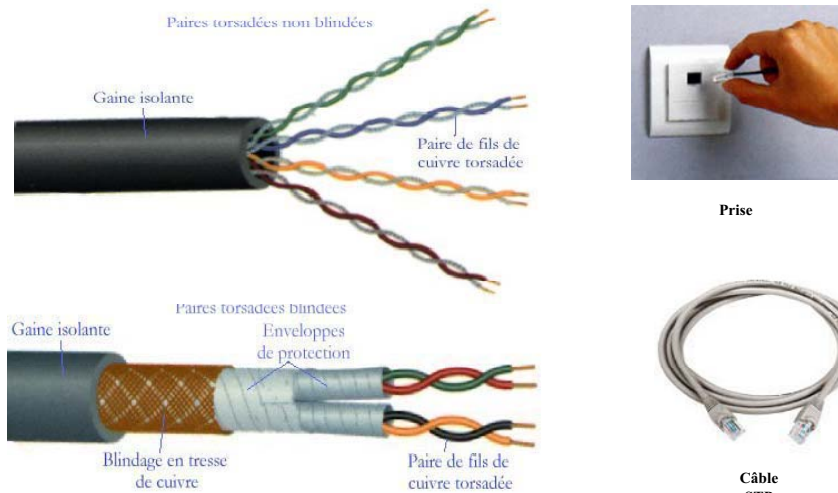
- ✓ Supports de transmission: tous les moyens par lesquels on peut conduire un signal de son lieu de production à sa destination
- ✓ Le choix du support physique détermine les performances du réseau en terme de débit et de fiabilité
- ✓ Principaux supports utilisés
 - ☞ Paires torsadées et câble coaxial (*coax*)
 - ☞ Généralement en cuivre
 - ☞ Forte atténuation
 - ☞ Sensibles aux perturbations électromagnétiques
 - ☞ Fibre optique
 - ☞ Bande passante de l'ordre de 1 GHz/1 km → Haut débit
 - ☞ Très faible atténuation
 - ☞ Robuste face à la température et aux perturbations électromagnétiques
 - ☞ Encombrement minimum
 - ☞ Interconnexion de bâtiments
 - ☞ Air

Les paires torsadées...

- ✓ Le câble est constitué d'une ou plusieurs paires de fils de cuivre en spirale (en torsade)
 - ☞ Torsadage: pour réduire la diaphonie
 - ☞ La diaphonie: le passage d'un signal d'une paire vers les autres
- ✓ Chaque fil est recouvert d'une gaine
- ✓ Plusieurs paires peuvent être regroupées dans une même gaine. On distingue trois types de paires torsadées:
 - ☞ Paires torsadées non blindé UTP (Unshielded Twisted Pair)
 - ☞ Paires torsadées blindé STP (Shielded Twisted Pair)
 - ☞ Paires torsadées écranté FTP (Foiled Twisted Pair): l'ensemble des paires est entouré d'un drain de blindage (une feuille d'aluminium)



Les paires torsadées...



Les paires torsadées: caractéristiques

- ✓ Distance maximale: 100m (sinon ajouter un répéteur)
- ✓ Capacité : 10 – 100 Mbits/s
- ✓ Raccordement : Connecteur RJ-45
- ✓ Impédance : 100 Ohms
- ✓ Coût : Faible
- ✓ Liaison : point à point ou multipoint
- ✓ Transmission : analogique ou numérique
- ✓ Utilisation : répandu
- ✓ Affaiblissement des signaux important suivant la longueur
- ✓ Sensible aux perturbations électromagnétiques
- ✓ Pour réduire ces perturbations
 - ☞ Les paires torsadées sont entourées d'une tresse métallique (STP)
 - ☞ L'ensemble des paires torsadées est entouré d'un drain de blindage (FTP)
- ✓ Le débit dépend du type de la liaison (multipoint ou point à point) et de la longueur



La norme EIA/TIA – 568A

- ✓ Les organismes EIA (Electronic Industries Association) et TIA (Telephone Industries Association) ont élaboré une norme EIA/TIA-568 définissant les caractéristiques minimales de différentes catégories (3, 4, 5, 6, 7) de paires torsadées notamment en ce qui concerne la bande passante et l'affaiblissement en fonction de l'impédance
- ✓ UTP 100 Ohms:
 - ☞ Catégorie 3: (BP 16Mhz) référence pour les réseaux Ethernet 10 Mbps
 - ☞ Catégorie 4: (BP 20Mhz)
 - ☞ Catégorie 5: (BP 100 Mhz) → haut débit (Ethernet 100 Mbps, 1Gbps)
- ✓ Les paires torsadées de catégorie 5 sont les plus utilisées dans les réseaux hauts débits

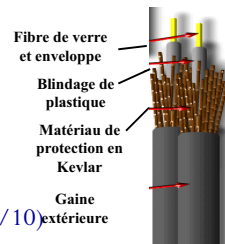
Câble coaxial

- ✓ Constitué d'un câble central entouré d'un isolant et d'une tresse métallique, le tout enveloppé par une gaine protectrice
- ✓ Capacité : 10 – 100 Mbits/s
- ✓ Raccordement : Connecteur BNC
- ✓ Impédance : 150 Ohms
- ✓ Bande passante : 400 Mhz
- ✓ Coût : Peu cher
- ✓ Liaison: point à point ou multipoint
- ✓ Transmission: analogique ou numérique
- ✓ Utilisation: en baisse
- ✓ 2 principaux types:
 - ☞ 50 Ohms (bande de base)
 - ☞ 75 Ohms CATV (Community Antenna TeleVision) transmission de chaînes de TV par câble en large bande



La Fibre optique

- ✓ Rq: Malgré la largeur de la bande passante que peut atteindre un support en fibre optique, le débit est limité à cause de l'impossibilité d'effectuer des conversions entre les signaux électriques et les signaux optiques plus rapidement
- ✓ Caractéristiques:
 - ☞ Liaison: point à point
 - ↳ Difficile de l'utiliser pour une liaison multipoint à cause des difficultés de dérivation
 - ☞ Le plus difficile à installer (raccordement, dérivation,..)
 - ☞ Le plus coûteux
 - ☞ Bande passante et débit important
 - ☞ Pas de diaphonie
 - ☞ Insensible aux perturbations électromagnétiques
 - ☞ Faible atténuation
 - ☞ Résistance à la chaleur, au froid et à l'humidité
 - ☞ Encombrement et poids inférieurs aux autres supports (<1/10)extérieure



La Fibre optique

- ✓ Constitué par:
 - ☞ Un noyau: guide cylindrique en verre (caractérisé par un fort indice de réfraction) dans lequel se propagent des faisceaux lumineux (ondes optiques)
 - ☞ Un ou plusieurs enveloppes de protection
- ✓ A l'extrémité du câble se trouve:
 - ☞ L'émetteur, composé de:
 - ↳ Codeur
 - ↳ Diode ElectroLuminescente (DEL)
 - Multimode, débits moyens, distances courtes ou moyenne et Peu cher
 - ↳ Diode Laser (DL)
 - multi ou monomode, très hauts débits, longues distances, plus chers et durent moins longtemps
 - ☞ Le récepteur, composé de:
 - ↳ Décodeur
 - ↳ Détecteur de lumière (photodétecteur)

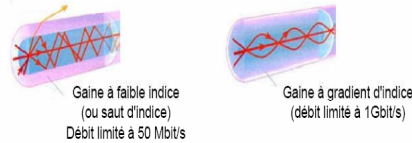
La Fibre optique: deux types

- ✓ **La fibre multimode:** plusieurs angles d'incidence, diamètre de quelques centaines de microns, vitesse de propagation de l'ordre de 0,1 millions de kilomètre par seconde, moins chère
- ✓ **La fibre monomode:** un seul angle d'incidence, diamètre de quelques microns, vitesse de propagation de l'ordre de 0,25 millions de kilomètre par seconde, bande passante jusqu'à 100 GHz/Km

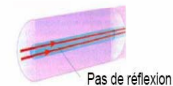
✓ Fibres multimode:

- ☞ à saut d'indice: le noyau a un seul indice de réfraction, bande passante allant jusqu'à 50 Mhz/Km
- ☞ à gradient d'indice: le noyau a un indice de réfraction qui diminue progressivement en s'éloignant de l'axe, BP allant jusqu'à 1 GHz, vitesse de propagation plus importante que celle de la fibre à saut d'indice

Fibres multimode: diamètre de coeur de 50 à 80 microns



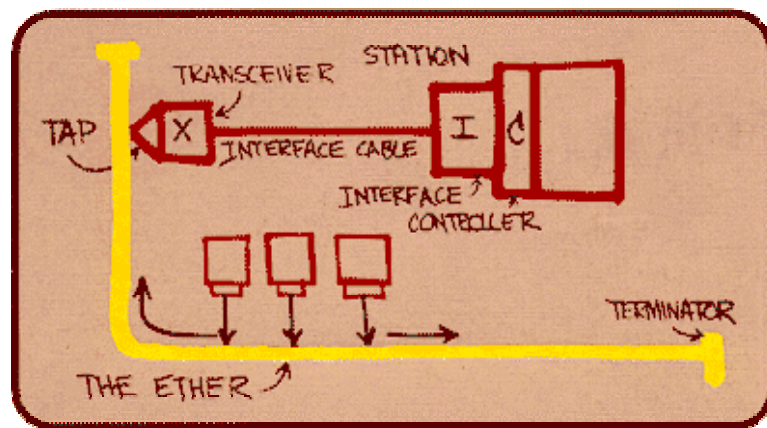
Fibres monomode: diamètre de coeur de 8 à 10 microns



PLAN DU CHAPITRE

- ☞ Topologies des réseaux locaux
- ☞ Le support physique
- ☞ Le raccordement à un câble
- ☞ Le mode de transmission
- ☞ Les protocoles d'accès
- ☞ Exercices

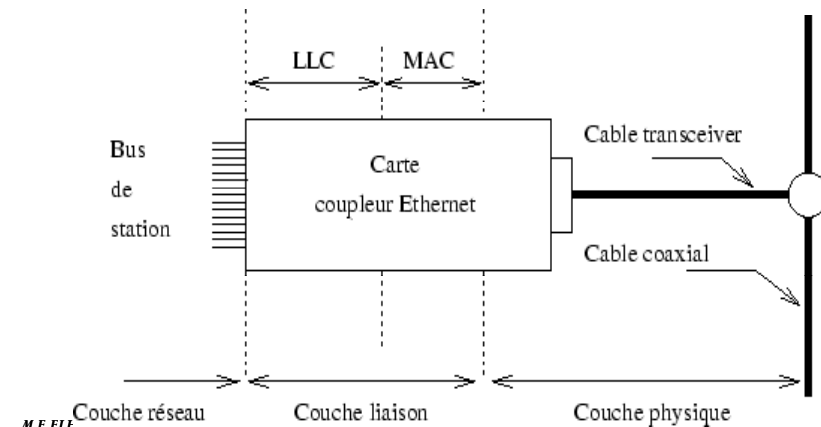
Le raccordement à un câble (1)



Dessiné par Dr. Robert M. Metcalfe en 1976

Le raccordement à un câble (2)

- ✓ Le raccordement se fait grâce à une carte coupleur dont la fonction est d'assurer l'accès au support de transmission.



PLAN DU CHAPITRE

- ☞ Topologies des réseaux locaux
- ☞ Le support physique
- ☞ Le raccordement à un câble
- ☞ Le mode de transmission
- ☞ Les protocoles d'accès
- ☞ Exercices

Modes de transmission

- ✓ Transmission en bande de base: l'information est directement traduite par des changements discrets du signal suivant un codage donné (exemple: code Manchester ou le code Manchester différentiel)
 - ☞ Les systèmes en bande de base sont plus simples à installer, moins coûteux et sont les plus utilisées dans les réseaux locaux
- ✓ Transmission en large bande: le signal numérique est modulé sur une onde porteuse (variation de la fréquence, de l'amplitude et/ ou de la phase)
 - ☞ Utilisée dans les réseaux longues distances, hauts débits ou pour des besoins de multiplexage
- ✓ Suivant le mode de transmission le signal tend à s'affaiblir rapidement avec la distance
 - ☞ L'utilisation de répéteurs permet de remédier à ce problème

PLAN DU CHAPITRE

- ☞ Topologies des réseaux locaux
- ☞ Le support physique
- ☞ Le raccordement à un câble
- ☞ Le mode de transmission
- ☞ Les protocoles d'accès
 - ☞ Accès par invitation à émettre (polling)
 - ☞ Les techniques à jeton
 - ☞ Les techniques à accès aléatoire
- ☞ Exercices

Les protocoles d'accès

- ✓ Comme pour tout système où l'on veut partager une ressource, dans un réseau local, il est nécessaire de mettre en oeuvre un protocole (ou méthode) d'accès au medium physique de transmission

Accès par invitation à émettre (polling)

- ✓ Les noeuds du réseau sont interrogés successivement (suivant un ordre) pour déterminer à chaque fois si le noeud interrogé a un message à émettre. Pour cela une invitation à émettre est issue d'un noeud primaire, si le noeud secondaire ayant reçu cette invitation veut émettre, il répond positivement à cette invitation
- ✓ Cette technique est utilisée dans les liaisons longues distances, elle est également utilisée dans les réseaux locaux avec une topologie en étoile (concentrateurs) ou en bus (réseaux de terminaux)

Les techniques à jeton (1)

- ✓ Le principe du contrôle d'accès à l'aide d'un jeton consiste à faire circuler sur le réseau une **permission d'émettre**, appelée jeton (token), de sorte que seul le noeud détenant le jeton est autorisé à émettre
- ✓ Le jeton peut être dans l'un des deux états: libre ou occupé
- ✓ Pour qu'un noeud puisse émettre un message, il doit attendre que le jeton lui parvienne à l'état libre, auquel cas, le jeton est positionné à l'état occupé, le noeud est en mesure d'entamer son émission
- ✓ Les autres noeuds voient passer le message, le destinataire doit se reconnaître et recopier le message
- ✓ Dans le cas d'une topologie en anneau, c'est l'émetteur du message qui prélève ce dernier et ensuite passe le jeton libre

Les techniques à jeton (2)

- ✓ Plusieurs techniques à jeton existent. Elles diffèrent par les choix suivants:
 - ☞ L'ordre de circulation du jeton libre
 - ☞ L'instant de renvoi du jeton libre (dès la fin de l'émission de la trame, dès la réception de l'en-tête de la trame)
 - ☞ La gestion des priorités
- ✓ Comment garantir la présence et l'unicité du jeton?
 - ☞ Approche centralisée: un noeud superviseur (moniteur) est utilisé à cet effet. En cas de défaillance, le moniteur peut changer de noeud. Un délai de garde est défini au bout duquel, si le jeton ne repasse pas par le moniteur, le réseau est purgé et le jeton est re-généré par le moniteur
 - ☞ Approche distribuée: chaque coupleur maintient un temporisateur (délai de garde) différent de ceux des autres coupleurs. Si le délai de garde d'un coupleur s'écoule sans qu'aucun message ne passe, le coupleur re-génère le jeton. Il faut prévoir des mécanismes supplémentaires pour éviter que deux jetons ne soient re-générés
- ✓ Les techniques de contrôle d'accès à jeton permettent de garantir une borne supérieure du temps d'accès au support physique

Technique de la tranche vide (empty slot) ou anneau en tranches (slotted ring)

- ✓ Cette technique a été élaborée pour un réseau en anneau
- ✓ Principe: faire tourner sur l'anneau un ensemble de trames ayant une taille fixe que l'on peut considérer comme des wagons ou encore des tranches de temps (vides ou pleines)
 - ☞ Un noeud ayant un message à émettre doit attendre le passage d'un wagon libre
 - ☞ Le message initial est découpé, si nécessaire, suivant la taille des wagons
 - ☞ Lorsqu'un coupleur voit passer un wagon transportant des données qui lui sont destinées, soit
 - ☞ Il prélève ces données et libère le wagon
 - ☞ Il les copie et c'est l'émetteur qui libère le wagon (acquiescement)
 - ☞ Si aucun mécanisme pour éviter la famine n'est mis en oeuvre, le temps de réponse n'est pas borné
- ✓ La réalisation de cette technique est assurée au niveau des coupleurs et en utilisant une technologie rapide pour pouvoir atteindre les débits escomptés (50 Mbit/s). La taille des wagons est de quelques dizaines d'octets

Les techniques à accès aléatoire: l'ALOHA (1)

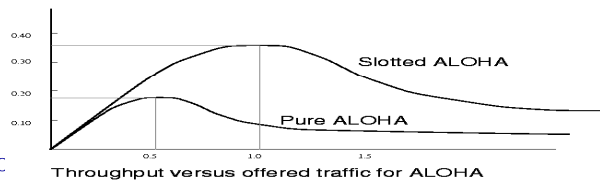
- ✓ La première technique à accès aléatoire, appelée ALOHA, a été développée en 1971 pour un réseau à diffusion reliant les îles de Hawaï
- ✓ Principe
 - ☞ Liaison multipoint
 - ☞ Permettre à toute station de transmettre dès qu'elle a des données à envoyer
 - ☞ Les émissions de deux ou plusieurs messages risquent de se superposer (**collision** entre ces messages)
 - ↳ Les expéditeurs détectent les collisions en écoutant le canal
 - ↳ Le signal résultant sur le support est non interprétable et les messages en collision sont perdus
 - ↳ En cas de collision l'expéditeur attend un temps aléatoire avant de **retransmettre** le même paquet
- ✓ Accès aléatoire → collisions → retransmissions → perte dans la bande passante d'autant plus importante que le nombre de noeuds augmente

Les techniques à accès aléatoire: l'ALOHA (2)

- ✓ Algorithme
 - Si un coupleur a de l'information à émettre alors
 - Envoi immédiat sans se préoccuper des autres
 - Si collision alors
 - Retransmettre ultérieurement
- ✓ Avantages
 - ☞ Complètement décentralisé
 - ☞ Aucune synchronisation préalable à une émission
- ✓ Inconvénients
 - ☞ Perte de l'information suite à une collision
 - ☞ Perte dans la bande passante puisque la transmission des trames en collision n'est pas interrompue
 - ☞ Débit → 0 si nombre de coupleur augmente

L'ALOHA par tranches

- ✓ C'est une amélioration de l'ALOHA où le temps est subdivisé en des intervalles (tranches) correspondant à la transmission de morceaux de messages de tailles égales
- ✓ Une émission n'est permise qu'au début d'une tranche
 - ☞ Lorsqu'une collision se produit, elle est limitée à une tranche et si une partie d'un message a été correctement transmise, elle le sera durant le reste de la tranche



- ☺ On arrive ainsi à dc
- ☹ Cette technique est coûteuse à mettre en oeuvre étant donné que les communications doivent être **synchronisées**

L'ALOHA par tranches

- Si un coupleur a de l'information à transmettre
- alors
- Attendre le début d'une tranche puis émettre
- Si collision (= collision complète sur le message) alors
- Retransmettre ultérieurement

Accès aléatoire avec écoute de la porteuse CSMA

- ✓ Le délai de propagation d'un signal est très faible
 - ☞ Un noeud écoutant le canal peut déterminer rapidement l'état du canal
 - ☞ Ces techniques sont dites à accès aléatoire avec écoute de la porteuse CSMA (Carrier Sense Multiple Access)
 - ☞ Avant d'émettre un message, un noeud doit rester à l'écoute du canal et ne transmet qu'une fois qu'il ne détecte plus un signal sur la ligne
 - ↳ Ceci n'élimine pas la possibilité de collision étant donné le délai de propagation
 - ↳ Durant la *période de vulnérabilité* (le temps de propagation d'un signal entre les noeuds les plus éloignés) un coupleur peut ne pas détecter l'émission d'un signal par un autre noeud
- ✓ De nombreuses variantes utilisant la méthode CSMA ont été proposées

CSMA

✓ Algorithmme

```
Écouter le canal avant d'émettre même s'il n' y a pas de l'information
à transmettre
Si le coupleur a de l'information à transmettre alors
    Tant que le canal n'est pas libre faire
        Rester à l'écoute du canal
    Fin tant que
        Émettre l'information
fin si
Si collision alors Retransmettre ultérieurement
```

Variantes de CSMA

- ✓ *CSMA non persistant*: lorsque le canal est occupé, un coupleur désirant émettre un message **reprend l'écoute du canal après un temps aléatoire**
 - ☞ Perte de temps
- ✓ *CSMA persistant*: lorsque le canal est occupé, un coupleur désirant émettre un message poursuit l'écoute du canal jusqu'à ce qu'il soit libre, émet ensuite son message. Si une collision se produit, les stations attendent un temps aléatoire avant de retransmettre
 - ☞ Par rapport à la méthode précédente, cette méthode réduit le temps de non utilisation du support mais augmente la probabilité de collision
- ✓ *CSMA P-persistant*: le temps est divisé en intervalles, comme "Aloha discrétisé". Si un noeud veut émettre, il écoute le canal pour savoir si le réseau est libre
 - ☞ Il émet avec une probabilité p si le canal est libre
 - ☞ Reporte l'émission à un intervalle suivant avec une probabilité $(1 - p)$
 - ☞ Le processus continue jusqu'à ce que la trame soit émise

Variantes de CSMA...

CSMA non persistant:

Si le coupleur a des données à transmettre
alors

Écouter le canal

Si le canal est libre **alors**

Emettre l'information

Sinon

Répéter le processus après un
temps aléatoire

finsi

Finsi

CSMA persistant:

Si le coupleur a des données à transmettre
alors

Écouter le canal

Si le canal est libre **alors**

Emettre l'information

Sinon

Tant que le canal n'est pas libre **faire**
Rester à l'écoute du canal

Ftq

Emettre l'information

Finsi

Finsi

Variantes de CSMA...

CSMA p-persistent (0 < p < 1):

Si le coupleur a des données à transmettre
alors

Écouter le canal

Si le canal est libre **alors**

Émettre l'information avec la probabilité **p** → diminuer la probabilité de collision

Sinon

Tant que le canal est non libre **faire**

Rester à l'écoute du canal

Ftq

Émettre l'information avec la probabilité **p**

Finsi

Finsi

CSMA/CD: écouter le canal même en cours de transmission

Si le coupleur a des données à transmettre
alors

Tant que le canal n'est pas libre **faire**

Rester à l'écoute du canal

Ftq

Émettre et rester à l'écoute du canal

Si collision **alors**

Interrompre la transmission

Envoyer des signaux spéciaux (bits de bourrage) pour prévenir les autres

Tenter d'émettre ultérieurement (suivant un algorithme...)

Finsi

Finsi

CSMA/CD (Collision Detection)

- ✓ C'est la méthode la plus utilisée
- ✓ Ne garantis pas un délai maximum de transmission (non déterministe)
- ✓ A l'écoute du canal avant l'émission se rajoute l'écoute pendant l'émission pour déterminer s'il y a eu collision
 - ☞ Le signal émis est comparé au signal sur la ligne
 - ☞ Si une collision s'est produite, le coupleur abandonne l'émission et envoie une séquence de bits (séquence de brouillage, Jam signal) pour alerter les autres nœuds qu'une collision s'est produite
 - ☞ L'émission sera reprise après un temps aléatoire
- ✓ L'émetteur devra rester à l'écoute du canal pendant une période (tranche canal) égale à deux fois le temps maximum de propagation d'un signal entre deux coupleurs
 - ☞ La durée de transmission → au moins 2 fois la durée maximum de propagation du signal
- ✓ Avantages
 - ☞ Abandonner l'émission dès qu'une collision est détectée
 - ☞ Ne pas attendre d'acquittement

CSMA/CD

Algorithme de reprise BEB (Binary Exponential Backoff)

Si nième collision **alors**

Tant que n < 16 **faire**

Tirer une valeur entière r entre 0 et $2^{\min(n,10)} - 1$

Effectuer une tentative de retransmission après $r \times 51.2$ microseconde

Incrémenter le nombre T de tentatives

Si n = 16 **alors**

abandonner la retransmission de la trame

finsi

Ftq

Finsi

- ✓ Cette technique est la plus utilisée actuellement
- ✓ Elle est normalisée par l'ISO (IEEE 802.3)
- ✓ Une collision est détectée si le signal émis ne correspond pas à celui passant sur la ligne
- ✓ Gain d'efficacité (en cas de collision, il y a interruption des transmissions en cours)

Exercices

- ✓ Taille minimale d'une trame = 512 bits
- ✓ Support métallique, débit du câble = 10 Mb/s, vitesse de propagation = 200.000 Km/s
- ✓ Calculer la tranche canal
 - $\leq 51,2 \mu s$
- ✓ Calculer la longueur d'un segment
 - $\leq (51,2 * 10^{-6} * 2 * 10^8) / 2 = 5,12 \text{ Km}$
- ✓ Support: fibre multimode, débit du câble = 10 Mb/s, vitesse de propagation = 100000 Km/s
- ✓ Calculer la longueur d'un segment
 - $\leq 2,5 \text{ Km}$

Exercices (suites)

- ✓ Support: fibre monomode, débit du câble = 10 Mb/s , vitesse de propagation = 250 000 Km/s
- ✓ Calculer la longueur d'un segment
 $\leq 6 \text{ Km}$
- ✓ On veut maintenant réaliser un réseau avec un débit = 100 Mb/s et en utilisant la fibre monomode
- ✓ Calculer la tranche canal
 $\leq 5,12 \mu\text{s}$
- ✓ Calculer la longueur d'un segment
 $\leq 600 \text{ m}$
- ✓ Conclusion: moins de noeuds

CSMA/CA (Collision Avoidance)

- ✓ C'est une variante de CSMA/CD mais elle n'est pas normalisée
- ✓ Permet d'augmenter l'efficacité du réseau en résolvant la contention avant d'émettre en utilisant des accusés de réception et des temporisateurs
- ✓ Les coupleurs désirant émettre testent le canal à plusieurs reprises afin de s'assurer qu'aucune activité n'est présente
- ✓ Tout message reçu doit être acquitté par le récepteur
- ✓ L'expiration du temporisateur avant l'arrivée de l'accusé de réception permet de détecter les collisions
 - ☞ Cette technique rend possible l'implémentation d'un mécanisme d'ACK à un niveau bas
 - ☞ Elle est simple et économique puisqu'elle ne nécessite pas de circuit de détection de collision

CSMA/CA dans IEEE 802.11

- ✓ Les réseaux locaux sans fils (IEEE 802.11) utilisent le mécanisme d'accès *DCF* (Distributed Coordination Function), qui est pratiquement le mécanisme d'esquive de collision *CSMA/CA*, ainsi que le principe d'accusé de réception comme suit
 - ☞ Une station voulant transmettre écoute le canal
 - ↳ S'il est occupé, la transmission est différée
 - ↳ Si le support est libre pour un temps *DIFS* (DCF IFS), alors la station est autorisée à transmettre
 - ☞ La station réceptrice vérifie le CRC du paquet reçu et renvoie un accusé de réception (ACK)
 - ↳ La réception de l'ACK indiquera à l'émetteur qu'aucune collision n'a eu lieu
 - ☞ Si l'émetteur ne reçoit pas l'accusé de réception, alors il retransmet le fragment jusqu'à ce qu'il obtienne d'un ACK ou abandonne l'émission au bout d'un certain nombre de retransmissions

5. Modèle en couches

5.1 Couche liaison de données : accès au médium

- **Il y a collision si au moins 2 noeuds transmettent en même temps.**
- **Objectifs pour un accès multiple efficace:**
 - **Avoir toute la bande passante si vous êtes le seul à transmettre**
 - **Partager équitablement cette BP si plusieurs noeuds transmettent**
- **Limites:**
 - **La détection de collision est difficile : problème de station cachée**
 - **La source ne sait pas si la transmission s'est bien déroulée**
- **→ utiliser du CSMA/CA**

5. Modèle en couches

5.1 Couche liaison de données : méthodes d'accès

- Distribution Coordination Function (DCF), méthode d'accès avec collision (CSMA/CA)
- Point Coordination Function (PCF), méthode d'accès sans collision

65

5. Modèle en couches

5.1 Couche liaison de données : DCF ou CSMA/CA

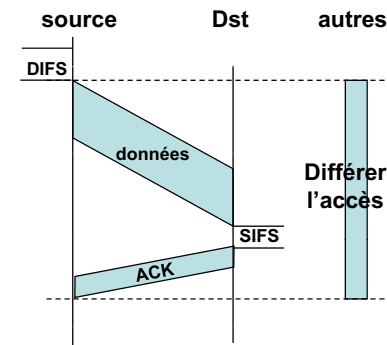
- CSMA/CA
 - Au lieu de détecter les collisions, on va les éviter : Collision Avoidance (CA)
- Le CSMA/CA est basé sur :
 - L'écoute du support
 - Les temporisateurs IFS
 - L'algorithme de Backoff
 - L'utilisation d'acquittement positif

66

5. Modèle en couches

5.1 Couche liaison de données : accès au médium (CSMA/CA)

- CSMA source
 - Si le canal est libre pour DIFS secondes alors transmettre toute la trame (pas de CD)
 - Si le canal est occupé alors backoff
- CSMA récepteur
 - Si réception = OK alors envoyer ACK après SIFS (ACK est nécessaire pour résoudre le problème du terminal caché)



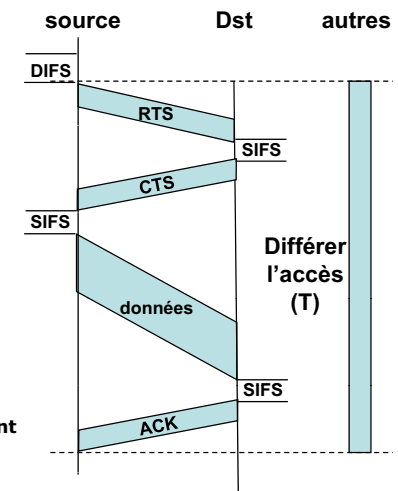
- → Idée pour éviter les transmissions qui peuvent entrer en collision avec d'autres

67

5. Modèle en couches

5.1 Couche liaison de données : meilleure CA par échange RTS-CTS

- source
 - Transmet un petit paquet RTS (Request To Send): indique la durée de transmission
- Récepteur
 - Répond par un petit paquet CTS (Clear To Send) notifiant s'il y a des nœuds cachés
- Les autres
 - S'ils reçoivent soit RTS soit CTS, ne vont pas transmettre durant le temps T



- → Collision est peu probable car RTS et CTS sont petits

68

Chapitre III

Normalisation des réseaux locaux

69

PLAN DU CHAPITRE

① Les normes IEEE 802.x

- ☞ Adressage MAC la norme IEEE 802.1
- ☞ Sous-couche LLC la norme IEEE 802.2
 - ☞ Encapsulation LLC/SNAP
- ☞ La norme IEEE 802.3
- ☞ La norme IEEE 802.4
- ☞ La norme IEEE 802.5

⑤ Exercices

M.E.ELHDHILI &K. MAALAOUI

70

Présentation

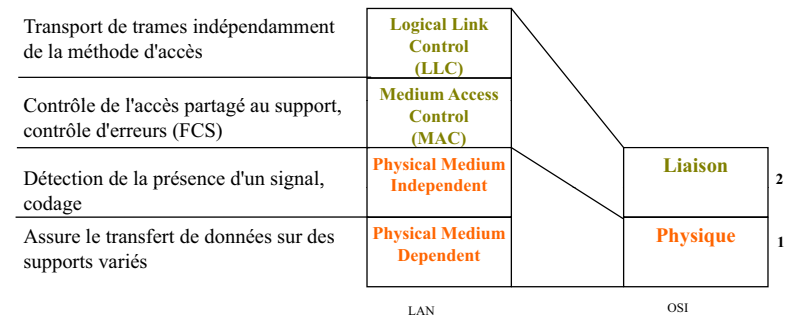
- ✓ La diversité des équipements des LAN provenant de différents constructeurs
 - ☞ Besoin de normalisation
- ✓ En février 1980 (année 80 février 2 → 802), l'IEEE a créé un comité appelé 802 chargé de définir des normes pour les réseaux LAN et MAN
- ✓ La normalisation concerne les couches 1 et 2 du modèle OSI
- ✓ Les normes définies ont été reprises par l'ISO sous la nomination 802.x

M.E.ELHDHILI &K. MAALAOUI

71

La couche 1 et 2 des LAN

- ✓ Couches 1 et 2:
 - ☞ modèle OSI: mode point à point
 - ☞ Les LAN: support unique en diffusion



M.E.ELHDHILI &K. MAALAOUI

72

Les organismes de normalisation (1)

- ✓ AFNOR (*Association Française pour la NORmalisation*)
- ✓ ANSI (*American National Standards Institute*)
 - ☞ Équivalent américain de l'AFNOR
 - ☞ Standardisation des langages Cobol, Fortran, Pascal et C
- ✓ ECMA (*European Computer Manufactures Association*)
 - ☞ Regroupe une trentaine de fabricants de matériels informatiques
- ✓ IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*)
 - ☞ Association à but non lucratif
 - ☞ L'une des plus grande association technique et professionnelle dans le monde édictant des standards
 - ☞ Élaboration de normes dans le domaine des réseaux dont les fameuses IEEE 802.x concernant les réseaux locaux
- ✓ IETF (*Internet Engineering Task Force*)
 - ☞ Groupe informel, international, ouvert à tout individu, qui participe à l'élaboration de standards pour Internet
 - ☞ But: rédaction d'un ou plusieurs Request for comments (RFC)
- ✓ ISO (*International Standard Organization*)
 - ☞ Proposition en 1977 du modèle de référence OSI
- ✓ UIT (*Union Internationale des Télécommunications*)
 - ☞ Standardisation du RNIS

M.E.ELHDHILI & K. MAALAOUI

73

Les organismes de normalisation (2)

- ✓ ISOC (*Internet Society*)
 - ☞ Association à but non lucratif
 - ☞ Favorise le développement et l'évolution du réseau Internet
- ✓ IAB (*Internet Architecture Board*)
 - ☞ Est chargé par l'ISOC de contribuer au développement technique du réseau. En particulier, il:
 - ☞ Conseil l'ISOC sur les aspects techniques de l'Internet
 - ☞ Maintient à jour les informations du réseau Internet sous forme de RFC
 - ☞ Gère les contacts avec les autres organismes de normalisation
 - ☞ Planifie la stratégie de développement de l'Internet et identifie les problèmes qui pourraient survenir à long terme
- ✓ IRTF (*Internet Research Task Force*)
 - ☞ Lance des actions de recherche à long terme dans les NTIC
- ✓ IESG (*Internet Engineering Steering Group*)
 - ☞ Est la partie de l'ISOC chargée du processus de standardisation des protocoles de l'Internet
 - ☞ Responsable de la direction des activités techniques de l'IETF
- ✓ IANA (*Internet Assigned Number Authority*)
 - ☞ Gère les numéros utilisés dans les piles de protocoles de l'Internet
 - ☞ Délègue la gestion des adresses IP à différents organismes:
 - ☞ RIP NCC (Réseaux IP Européens Network Coordination Center)
 - ☞ APNIC pour les pays d'Asie
 - ☞ InterNIC pour les États-Unis et le reste du monde

M.E.ELHDHILI & K. MAALAOUI

74

Les normes IEEE 802.x

- ✓ Ces normes sont spécifiques aux couches 1 et 2 des LANs
- ✓ 802.1 définit l'architecture générale des réseaux locaux ainsi que l'adressage MAC
- ✓ 802.2 définit la sous-couche LLC (Logical Link Control) de la couche liaison
- ✓ 802.3, 802.4 et 802.5 définissent trois normes indépendantes pour la couche physique et la sous-couche MAC (Medium Access Control) de la couche liaison
 - ☞ Ces normes correspondent à des topologies et méthodes d'accès associées:
 - ☞ 802.3: bus à contention (compétition) Ethernet CSMA/CD
 - ☞ 802.4: jeton sur bus (Token Bus)
 - ☞ 802.5: jeton sur anneau (Token Ring)
- ✓ 802.6 MAN (Metropolitan Area Networks): méthode d'accès DQDB (Distributed Queue Dual Bus)
- ✓ 802.7 LAN à large bande (Broadband Technical Advisory Group)
- ✓ 802.8 LAN et MAN à fibre optique (Fiber Optic Technical Advisory Group)
- ✓ 802.9 Intégration de services (Integrated Voice and Data LAN interface)
- ✓ 802.10 Standard pour la sécurité des LAN interopérable (SILS: Standard for Interoperable LAN Security)
- ✓ 802.11 WLAN (LAN sans fil)
- ✓ 802.12 LAN à haut débit 100 Mbits/s, utilisant le mécanisme de demande de priorité (Demand Priority LAN (100VG -AnyLAN))
- ✓ 802.14 Méthode d'accès de télévision par câble (14Cable TV MAN)
- ✓ 802.15 Wireless Personal Area Network (WPAN), Bluetooth
- ✓ 802.16 Fixed Broadband Wireless Access (MAN sans fil large bande)

M.E.ELHDHILI & K. MAALAOUI

75

Fonctions de la couche Liaison

- ✓ Délimitation et identification des trames (protocole)
- ✓ Identification de la source et du destinataire (adressage)
- ✓ Contrôle de flux et contrôle d'erreur (procédure)
- ✓ Gestion de la liaison de données
 - ☞ Établissement et libération de la liaison de données sur un ou plusieurs circuits physiques préalablement activées
- ✓ Supervision du fonctionnement de la liaison de données selon:
 - ☞ Le mode de transmission (synchrone ou asynchrone)
 - ☞ La nature de l'échange (simplexe, half-duplex ou full-duplex)
 - ☞ Le type de liaison (point-à-point ou multipoint)
 - ☞ Le mode de l'échange (symétrique ou hiérarchique)

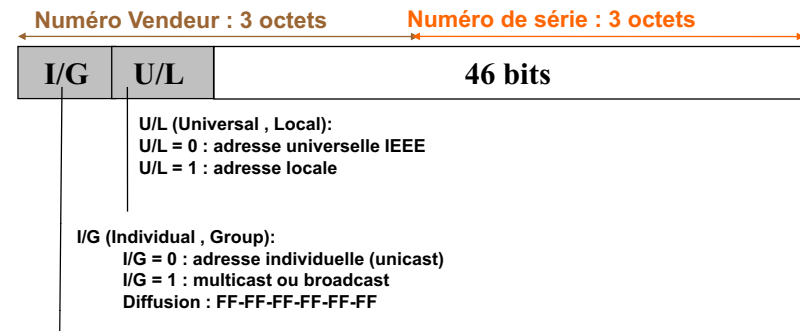
M.E.ELHDHILI & K. MAALAOUI

76

Adressage MAC IEEE 802.1 (1)

- ✓ Adresse physique ou adresse MAC
 - ☞ Unique par interface (point d'accès au réseau)
 - ☞ Donnée par le constructeur
 - ☞ Ne donne aucune information sur la localisation de la machine
- ✓ Deux formats d'adresses MAC:
 - ☞ Adresse courte sur 16 bits (2 octets) pour les réseaux locaux non interconnectés (n'est plus utilisée)
 - ☞ Adresse longue sur 48 bits (6 octets) pour les réseaux interconnectés

Adressage MAC IEEE 802.1 (2)



- ✓ L'adresse peut être écrite sous deux formats :
 - ☞ Format canonique utilisé par Ethernet
 - ☞ exemple 80:00:00:00:00:00 → signifie I/G=1 et U/L=0
 - ☞ Format non canonique utilisé par Token ring
 - ☞ exemple C0-00-00-00-00-00 → signifie I/G=1 et U/L=1

Adressage MAC IEEE 802.1 (2)

- ✓ Le numéro de vendeur est attribué par l'IEEE (Cisco : 00-00-0C, Sun: 08-00-20...)
- ✓ Le numéro de série est attribué par le constructeur
- ✓ L'adresse de broadcast FF-FF-FF-FF-FF-FF est utilisée par les protocoles de résolution d'adresses, la trame est délivrée à la couche supérieure

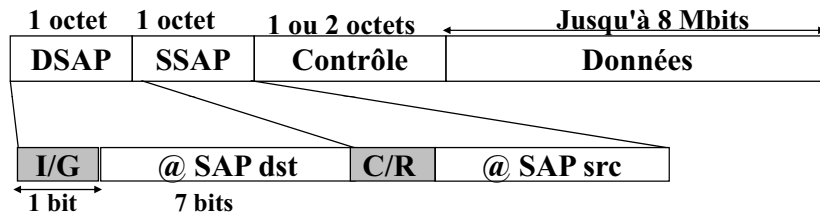
-Constructeur	-Adresse (3 octets)
-Cisco	-00000C
-3Com	-0000D8, 0020AF, 02608C, 080002
-Intel	-00AA00
-IBM	-08005A

Sous-couche LLC (IEEE 802.2)

- ✓ Rôle principal
 - ☞ Cacher la topologie physique à la couche réseau
 - ☞ Assurer l'acheminement des paquets de niveau 3 indépendamment de la méthode d'accès
- ✓ Trois normes (trois types de services)
 - ☞ LLC1 (ou mode datagramme)
 - ☞ Aucune fonction de contrôle d'erreur étant données le faible taux d'erreurs dans les LANs
 - La couche transport effectue la reprise sur erreur
 - ☞ Aiguillage des données vers les différents protocoles de la couche de niveau 3
 - ☞ Le service LLC1 est très utilisé
 - ☞ LLC2 (mode connecté avec acquittement)
 - ☞ Reprise sur erreur
 - ☞ Contrôle d'erreur du séquençement et de duplication
 - ☞ LLC2 possède entièrement les fonctionnalités de HDLC
 - ☞ LLC3 (non connecté avec acquittement)
 - ☞ Possibilité de reprise sur erreur laissée à l'initiative de l'émetteur
 - ☞ Le contrôle de flux est de type stop and wait
 - ☞ Besoins pour les réseaux industriels (validité et utilité des trames retransmise?)

Trame LLC (1)

- ✓ Trame LLC: encapsulé dans le champ données de la trame MAC
- ✓ Format général de la trame LLC:



- ✓ Les champs DSAP et SSAP:
 - ☞ SAP (Service Access Point) permet de désigner la (ou les) couche(s) supérieure(s) destinataire(s) (DSAP) et la couche supérieure émettrice (SSAP)
 - ☞ Trame de commande (C/R=0) ou de réponse (C/R=1) pour une adresse SSAP
 - ☞ Trame destinée à un unique SAP (I/G=0) ou à un groupe de SAP (I/G=1)
 - ☞ Champs contrôle: similaire à HDLC

Trame LLC (2)

- ✓ Liste SAP/signification REC 1700

SAP hexa.	Signification
0x00	SAP Null
0x02	Gestion de la couche LLC
0x06	Réseau IP
0x45	Gestion du Spanning Tree
0x7E	X.25 niveau 3
0xAA	SNAP
0xE0	IPX (protocole du réseau NetWare de Novell)

Trame LLC: champs de contrôle (1)

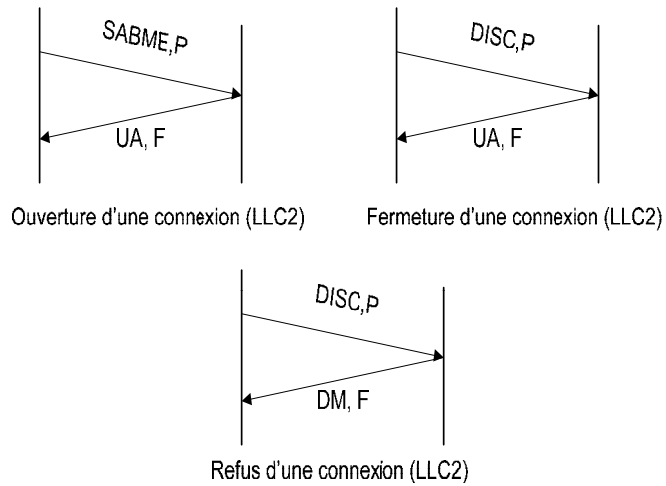
- ✓ 3 types de trames:
 - ☞ Type I (Information): mode connecté LLC2. Contient 2 compteurs
 - ☞ Le compteur N(S) numérote les trames émises
 - ☞ Le compteur N(R) permet d'acquitter les trames reçues, contient toujours le numéro de la prochaine trame attendue
 - ☞ Type S (Supervision): gestion des trames d'informations en mode connecté LLC2
 - ☞ Type U (Unnumbered, non numéroté)
 - ☞ Gérer la connexion (ouverture ou fermeture) en mode connecté
 - ☞ Envoyer les données en mode datagramme
- ✓ Le champ contrôle est codé sur
 - ☞ 1 octet pour les trames de type U
 - ☞ 2 octets pour les trames de type I et S

Trame LLC: champs de contrôle (2)

Types	Champs de contrôle (2 octets)								
I	0	N(S)						P/F	N(R)
S	1	0	0	0	NON UTILISE (usage futur)			P/F	N(R)
	1	0	0	1				P/F	N(R)
	1	0	1	0				P/F	N(R)
U	1	1	1	1	P	1	1	0	SABME
	1	1	0	0	P	0	1	0	DISC
	1	1	0	0	F	1	1	0	UA
	1	1	1	1	F	0	0	0	DM
	1	1	1	0	F	0	0	1	FRMR
	1	1	1	1	P/F	1	0	1	XID
	1	1	0	0	P/F	1	1	1	TEST
1	1	0	0	F	0	0	0	UI	

- ✓ Le bit P/F (Poll/Final):
 - ☞ Noté P: une requête qui demande une réponse immédiate
 - ☞ Noté F: le récepteur répond à la précédente requête
- ✓ C/R (0/1): nature de la trame
 - ☞ Trame de commande C/R=0 → le bit du champ de contrôle s'appelle P
 - ☞ Trame de réponse C/R=1 → le bit du champ de contrôle s'appelle F

Scénario de connexion/déconnexion LLC

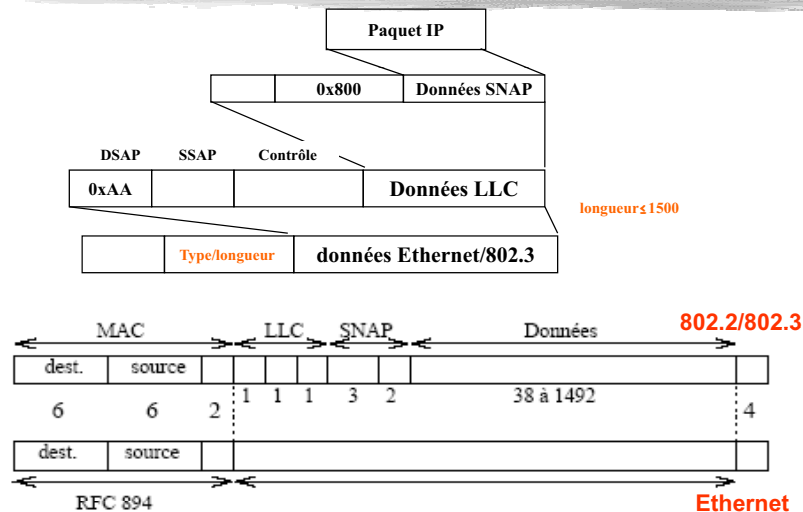


Encapsulation LLC/SNAP

- ✓ Pour les réseaux IEEE 802:
 - ☞ Ajout d'un protocole supplémentaire SNAP (Sub-Network Access Protocol) entre la couche LLC et la couche réseau introduisant une nouvelle encapsulation (DSAP=0xAA)
- ✓ Une trame SNAP comporte une entête composée de:
 - ☞ 3 octets: généralement à 0 (prévu pour le code du vendeur que l'on retrouve au début d'une adresse MAC)
 - ☞ 2 octets: type du protocole supérieur (similaire à celui d'une trame Ethernet)

Code vendeur (3 octets à 0)	Type du protocole (2 octets)
-----------------------------	------------------------------

Encapsulation LLC/SNAP



PLAN DU CHAPITRE

- ① Les normes IEEE 802.x
- ② La norme IEEE 802.3
 - ☞ CSMA/CD
 - ☞ Les supports physiques
 - ☞ Format des trames
 - ☞ L'algorithme de reprise BEB
 - ☞ Algorithme de reprise DCR
- ③ La norme IEEE 802.4
- ④ La norme IEEE 802.5
- ⑤ Exercices

La norme IEEE 802.3 (Ethernet)

- ✓ La plus importante (protocole d'accès basé sur le CSMA/CD)
- ✓ Révolution: passage en mode **commuté** et non plus partagé
- ✓ Ethernet vs IEEE 802.3
 - ☞ Même format de trame
 - ☞ Différent par la valeur du troisième champ (Type/Longueur)
- ✓ Ethernet
 - ☞ Proposé par Digital, Intel et Xerox (DIX) en 1979
 - ☞ Normalisé par l'IEEE (IEEE 802.3) en 1985
 - ☞ Compatibilité de tous les réseaux Ethernet quelque soit leur vitesse et leur mode
- ✓ Topologie physique en
 - ☞ Bus sur coaxial : 10 base 5 ou 10 base 2
 - ☞ Étoile (hub) sur paire téléphonique: 10 base T
- ✓ Vitesse de transmission: 10 Mbps

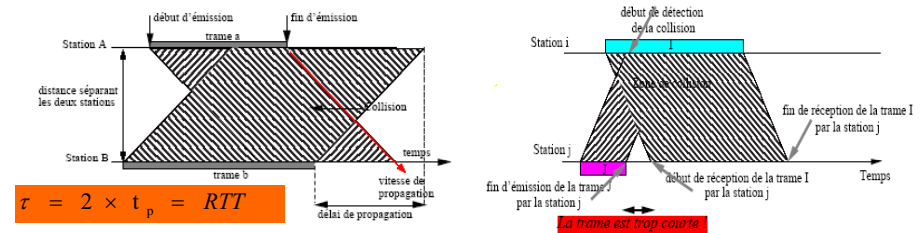
LLC - ISO 8802/2, IEEE 802.2				
IEEE 802.3 ISO 8802/3 CSMA/CD Ethernet	IEEE 802.4 ISO 8802/4 Token bus	IEEE 802.5 ISO 8802/5 Token ring	ANSI X3T9.5 Fiber Distributed Data Interface	IEEE 802.6 Distributed Queue Dual Bus

M.E.ELHDI

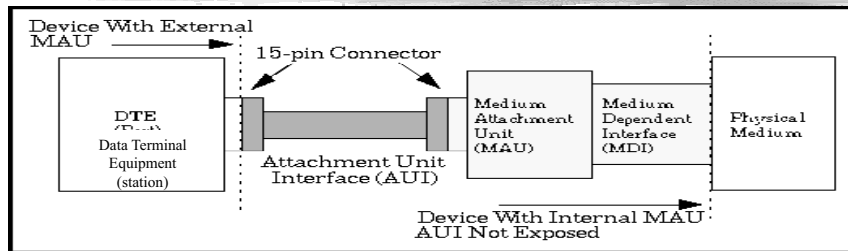
89

CSMA/CD

- ✓ L'entité MAC écoute le support pour savoir si une transmission est en cours (partie CSMA de l'algorithme)
- ✓ Quand toute activité cesse, elle commence la transmission après **9,6µs** (IFS), silence obligatoire entre 2 trames
- ✓ Elle continue d'écouter le canal pour savoir si une collision a été détectée (partie CD de l'algorithme)
 - ☞ Si aucune collision n'est détectée, la couche MAC fournit à la couche supérieure un compte rendu positif
 - ☞ Si détection de collision (tension moyenne double de la normale)
 - ☞ Émission d'une séquence de brouillage (Jam signal), puis reprise



Découpage de la couche physique



- ✓ MAU: équipement qui relie la station à un support donné. Le MAU est souvent un boîtier rattaché au câble (Transceiver)
- ✓ AUI: ou câble transceiver permet de relier ce dernier à une carte réseau. Il consiste en un câble avec un connecteur à chaque extrémité. Si le MAU est physiquement sur la même carte que la fonction MAC, l'AUI n'est pas présent physiquement
- ✓ La connexion entre la station et le transceiver se fait par deux prises femelles de 15 broches et un câble à deux paires métallique blindées
- ✓ La longueur du câble du transceiver est au maximum 50 mètres
- ✓ La vitesse de propagation est au pire $0.65 c$ (la célérité de la lumière)

M.E.ELHDHILI & K. MAALAOUI

91

Les supports physiques

- ✓ Le protocole IEEE 802.3 peut utiliser plusieurs supports physiques
- ✓ Chaque support est désigné par
 - ☞ Sa vitesse de transmission en Mbps/s
 - ☞ Son procédé de codage
 - ☞ Bande de base: *base*
 - ☞ Large bande: *broad*
 - ☞ Sa longueur approximative en centaines de mètres
 - ☞ Son type (exemple: T pour Twisted pair et F pour fibre optique)
- ✓ Exemple: 10base5, soit un débit de 10Mbps/s, un codage en bande de base (Manchester) et une longueur maximal de 500 mètres

M.E.ELHDHILI & K. MAALAOUI

92

Caractéristiques physiques des réseaux Ethernet partagés

Norme	Support de Transmission/connecteur	Technique de signalisation	Topologie	Espacement Min entre les noeuds	Nb_max noeuds/seg	Nb_max répéteur	Long_max du segment	débit
IEEE 802.3 10 base 5 (Thick Ethernet)	coaxial épais 50 Ohms/ prise vampire	Bande de base (Manchester)	Bus	2.5 m	100	4	500 m	10Mbits/s
802.3a 10 base 2 Thin Ethernet ou cheapernet	Coaxial fin 50 ohms/ BNC	Bande de base (Manchester)	Bus	0.5 m	30	4	185 m	10Mbits/s
IEEE 802.3 10 broad 36	Câble coaxial CATV (RG6)	Large bande	Bus		1024		3600 m	10Mbits/s
IEEE 802.3 1 base 5 (starlan)	Paire torsadée UTP3	Bande de base	Etoile ou Hiérarchie d'étoiles			5 hub h-h:250m h-s:500m	250 m	1Mbits/s
802.3i 10 base T	Paire torsadée (UTP 3, 4, 5)/ Hub	Bande de base	Etoile ou Hiérarchie d'étoiles		Au total 1024		100 m	10Mbits/s
IEEE 802.3 10 base FP Fiber Passive	Fibre optique	Bande de base	Etoile		1024		500 m	10Mbits/s
IEEE 802.3 10 base FL Fiber Link	Fibre optique	Bande de base	Etoile		1024		2 Km	10Mbits/s
IEEE 802.3 10 base FB Fiber Backbone	Fibre optique	Bande de base	Etoile		1024	15	2 Km	10Mbits/s

M.E.ELHDHILI & K. MAALAOUI

93

Autres normes 802.3

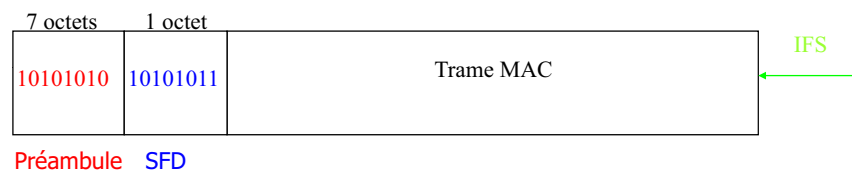
Norme	Année	Description
802.3c	1985	10 Mbps repeater specification
802.3d	1987	Fiber Optic Inter Repeater Link
802.3j	1993	10 BASE F fiber optic
802.3u	1995	100 BASE T Fast Ethernet and auto negotiation
802.3x	1997	Full duplex standard
802.3z	1998	1000 BASE X Gigabit Ethernet SX, LX, CX
802.3ab	1999	1000 BASE T Gigabit Ethernet over twisted pair
802.3ac	1998	Frame size extension to 1522 bytes for VLAN tag
802.3ad	2000	Link aggregation for parallel links

M.E.ELHDHILI & K. MAALAOUI

94

Format de trame: niveau physique

- ✓ Préambule: séquence de 7 octets ayant pour valeur binaire 10101010.
- ☞ Le codage Manchester de cette séquence produit un signal de forme rectangulaire de 10 MHz pendant 6,4µs qui permet à l'horloge du récepteur de se caler avec celle de l'émetteur
- ☞ But:synchroniser l'horloge du récepteur avec celle de l'émetteur

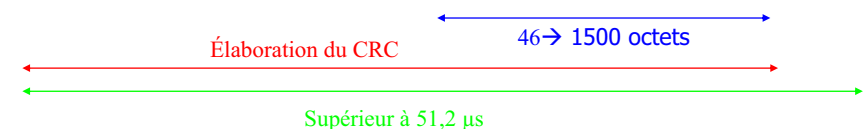
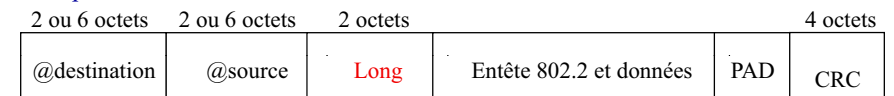


M.E.ELHDHILI & K. MAALAOUI

95

Format d'une trame IEEE 802.3: niveau MAC

- ✓ Long: longueur du champ de données (valeur max 1500 octets)
- ✓ Données: ce champ contient les informations sur le service réseau à contacter
- ✓ PAD (padding ou bourrage): permet de remplir la zone de données pour atteindre la valeur de 46 octets, longueur minimale pour que la trame totale atteigne 64 octets
- ✓ CRC: calcul effectué, par un polynôme cyclique, sur les bits de la trame pour vérifier si la transmission s'est déroulée sans erreur



Encapsulation d'une trame IEEE 802.3 au niveau MAC

M.E.ELHDHILI & K. MAALAOUI

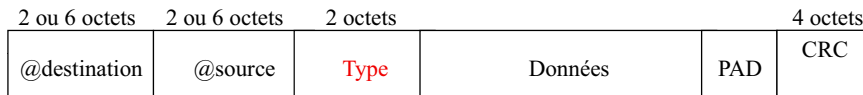
96

Format d'une trame Ethernet: niveau MAC

✓ Type: valeur >1500

☞ La plus petite valeur est 0800 pour IP

Type	Données
0800	IP
0806	ARP
0835	RARP
6000	DEC
...	...



Encapsulation d'une trame Ethernet au niveau MAC

Algorithme stochastique de reprise BEB (Binary Exponential Backoff)

Tant que collision alors

Incrémenter le nombre n de tentatives

Si n < 16 faire

Tirer une valeur entière aléatoire r entre 0 et $2^{\min(n, 10)} - 1$

Tentative de retransmission après $r \times 51.2 \mu s$ ($r \times \text{slot time}$)

Finsi

Si n = 16 alors

Abandonner la retransmission de la trame

Finsi

Ftq

✓ Calcul individuel pour chaque émetteur

☞ Minimise les probabilités de collisions successives

✓ 16 tentatives de retransmission maximum

➔ Pas de garantie d'émission (ni de borne)

Exercice

✓ La retransmission dans un réseau local Ethernet constitué de 4 stations (A, B, C et D) est effectuée selon l'algorithme BEB. Les IFS ainsi que le délai de détection de voie libre sont négligés. Le temps de détection d'une collision est égale à 1 slot time.

✓ À l'instant t=0 la station A acquière la voie et commence à transmettre un message. À l'instant t=1 les stations B, C et D reçoivent une demande de transmission d'une trame

✓ On suppose que toutes les trames sont de tailles fixes et la durée de leur transmission est égale à 5 slots

① Compléter le diagramme suivant en indiquant pour chaque slot l'état de la voie. Un slot est occupé par la transmission d'un message correctement émis par la station A est représenté par "A". Un slot occupé par une collision est représenté par "X". Un slot libre est représenté par "-"

② Calculer le taux de l'utilisation de la voie

	B	C	D
1 ^{er} tirage	1	1	1
2 ^e tirage	3	3	2
3 ^e tirage	2	5	4

A	A	A	A	A	X	-	X	-	-	D	D	D	D	D
X	-	-	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C		

Algorithme de reprise DCR (Deterministic Collision Resolution)

✓ C'est le protocole 802.3D (D pour déterministe)

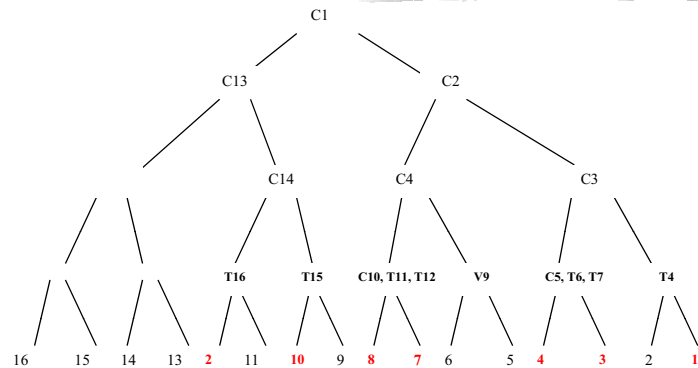
✓ Algorithme basé sur la résolution en arbre binaire

✓ On appelle époque l'intervalle de temps qui s'écoule entre la collision initiale et la fin de résolution de celle-ci

✓ Il est possible de prédire la borne supérieure de la durée d'une époque

✓ Chaque station possède un identifiant unique et connaît le nombre de stations connectées sur tout le réseau

Algorithme de reprise DCR (Deterministic Collision Resolution)



$$\text{Borne d'une époque} = N * T + (N-1) * T_c$$

N: nombre de nœuds

T: temps de transmission d'une trame

T_c: tranche canal

Modes de fonctionnement du DCR

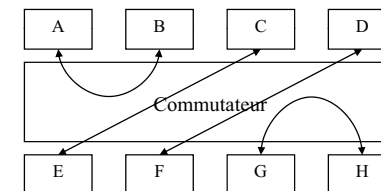
- ✓ Il existe plusieurs modes de fonctionnement du protocole 802.3D
 - ☞ Mode fermé: les messages arrivant en cours d'une époque ne peuvent être transmis qu'à la fin de l'époque
 - ☞ Mode ouvert: les messages arrivant en cours d'une époque ne peuvent être transmis dans cette époque que si la station dispose d'un index encore utilisable
 - ☞ Mode général: l'arbre binaire est complètement exploré
 - ☞ Mode feuille: l'arbre binaire n'est pas construit, la résolution d'une époque est attaquée directement au niveau des feuilles, donc en déroulant l'espace des identificateurs séquentiellement
 - ☞ Mode périodique: identique au mode feuille mais avec en plus un enchaînement forcé et permanent des époques les uns à la suite des autres
 - ☞ Mode mixte: solution intermédiaire entre le mode général et le mode feuille

Ethernet commuté (1)

- ✓ Ethernet partagé:
 - ☞ support physique partagé entre l'ensemble des stations
 - ☞ Limitation des performances.
 - ☞ Solution:
 - ☞ soit augmenter la vitesse de base en passant à 100Mbps ou à 1Gbps
 - ☞ Soit commuter les trames Ethernet (commutation Ethernet FDSE: Full Duplex Switched Ethernet)
- ✓ Ethernet commuté
 - ☞ Premier pas: découper les réseaux Ethernet en petits tronçons et les relier entre eux par des ponts
 - ☞ Lecture de la trame sur un port en entrée et la recopie sur un port de sortie en fonction de l'adresse destination
 - ☞ Filtrage des trames en ne laissant passer que celles destinées à un réseau Ethernet autre que celui d'où provient la trame

Ethernet commuté (2)

- ✓ A l'intérieur du commutateur, des composants spécialisés et des processeurs rapides réalisent une matrice de commutation permettant de traiter simultanément plusieurs trames
- ✓ Il y a un commutateur par réseau Ethernet
 - ☞ Chaque carte coupleur est reliée directement à un commutateur Ethernet qui se charge de rediriger les trames aux destinataires concernés
 - ☞ Pour réaliser cette commutation de bout-en-bout, il faut que chaque commutateur ait la possibilité de déterminer la liaison de sortie en fonction de l'adresse du récepteur (il n'y a plus de diffusion)



Ethernet commuté (3)

✓ Difficultés

- ☞ La gestion d'adresses MAC de tous les coupleurs raccordés au réseau
- ☞ La gestion des congestions éventuelles au sein d'un commutateur
- ➔ On retrouve la complexité des réseaux à commutation de paquets avec les problèmes de routage et de contrôle de flux

✓ Avantages

- ☞ La technique de reprise sur une collision n'est plus utile puisqu'il n'y a plus de collision.
- ☞ Plus de limitation de distance puisque nous sommes en mode commuté et non plus en diffusion (milliers de kilomètres)
- ☞ Augmentation des débits par terminal

Fast Ethernet (100 Mbps)

✓ Deux sous comité de IEEE travaillent sur cette normalisation et ont produit des normes incompatibles entre elles

- ☞ Le comité IEEE 802.3, reprend les caractéristiques de CSMA/CD, mais modifie les règles de câblage pour que le réseau puisse fonctionner à 100Mbps
 - ☞ Approuvé le 14 juin 1995
- ☞ Le comité IEEE 802.12, appelé aussi *100VG-AnyLan*, est soutenu principalement par HP
 - ☞ Un nouveau protocole d'accès est défini
 - ☞ Ce protocole fonctionne aussi bien avec un réseau anneau à jeton qu'Ethernet d'où son nom *AnyLan*
 - ☞ Le terme VG (*Voice Grade*) indique que ce protocole peut fonctionner sur des câblages destinés à transporter la voix, c'est-à-dire un câblage de catégorie 3

Fast Ethernet (100 Mbps)

✓ L'IEEE 802.3 propose les standards

- ☞ 100 base TX utilise deux paires torsadées en duplex. Le câblage doit être de catégories 5
- ☞ 100 base T4 utilise quatre paires torsadées en half-duplex, câblage de catégorie 3
- ☞ 100 base FX utilise des liens en fibre optique multimode

Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z)

✓ Couche LLC

- ☞ Pas de modification

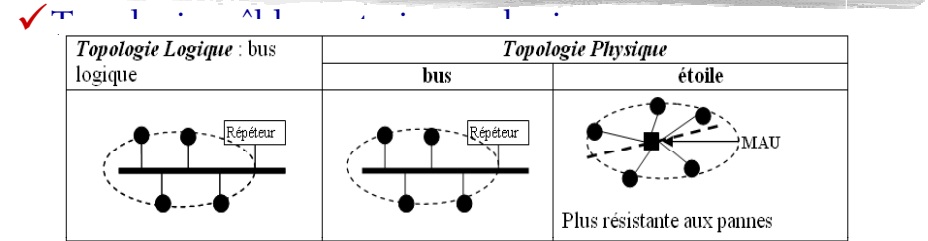
✓ Couche MAC: on conserve CSMA/CD mais en deux versions

- ☞ Half Duplex: le support est partagé et l'accès au support est géré par CSMA/CD. Pour assurer la compatibilité avec les couches supérieures, la taille minimale des trames est maintenue à 64 octets (bourrage)
- ☞ Full Duplex: permet d'interconnecter des équipements à travers un support bidirectionnel (débit théorique 2x1 Gbit/s), utilisé par deux équipements à la fois, donc CSMA/CD devient inutile. Cela permet non seulement d'augmenter le débit utile, mais aussi de s'affranchir des contraintes de *slot time* et donc d'augmenter la taille maximale du réseau jusqu'aux limites imposées par la technologie de transmission (3000 m pour 1000 Base-LX sur fibre monomode)

PLAN DU CHAPITRE

- ① Les normes IEEE 802.x
- ② La norme IEEE 802.3
- ③ La norme IEEE 802.4
- ④ La norme IEEE 802.5
- ⑤ Exercices

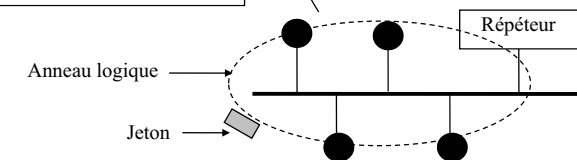
La norme IEEE 802.4 (token bus : jeton sur bus)



✓ Méthode d'accès : à jeton

☞ garantir un temps maximum entre deux accès à la parole

@ Prédécesseur > @ Locale > @ Successeur
sauf pour la plus petite adresse.



La norme IEEE 802.4 (token bus : jeton sur bus)

✓ Supports physique:

☞ Câble coaxial

✓ Le signal:

☞ Analogique → utilisation de modems

☞ Deux techniques de modulation de fréquence
(5,10Mbps)

☞ Numérique: codage Manchester

☞ Débit 1Mbps → impopulaire

La norme IEEE 802.4 (token bus : jeton sur bus)

✓ Trame:

1	1	2 ou 6	2 ou 6	4 octets		
SD	FC	@Source	@destination	Données <8191	CRC	ED

☞ **SD** (Start Delimitor)= NN0NN000

☞ N :signal analogique ne représentant ni un 1 ni un 0.

☞ **FC** (Frame Control)

☞ Identifie le type de trame (de données ou de commande (Claim Token, jeton libre, etc.).

☞ Contient les priorités.

☞ **ED** (End Delimitor)= NN/NN/IE

☞ / signifie qu'on peut mettre un 1 ou un 0.

☞ I est à 1 si la station émettrice a encore des trames à émettre.

☞ E est mis à 1 par un répéteur s'il n'a pas réussi à réamplifier correctement le signal.

La norme IEEE 802.4 (token bus : jeton sur bus)

✓ Insertion d'une station dans l'anneau

- ☞ Périodiquement, la station qui détient le jeton transmet une trame de type recherche successeur (Solicit-Successor-1) afin de faire appel aux stations non partenaires de l'anneau à cet instant et qui souhaitent le rejoindre.
- ☞ Cette trame précise l'adresse de la station émettrice et celle de son successeur sur l'anneau.
- ☞ Seules les stations dont la valeur de l'adresse est comprise entre les adresses mentionnées ont le droit de rejoindre l'anneau logique
- ☞ Si aucune station ne se porte candidate après un Timer → reprendre le processus normal de circulation du jeton
- ☞ Si une seule station se porte candidate en émettant une trame Set-Successor, elle s'insère sur l'anneau et devient la prochaine station destinataire du jeton.
- ☞ Si deux ou plusieurs stations se portent candidates, leurs trames seront victimes de collisions. La station qui détient le jeton exécute alors un algorithme d'arbitrage commençant par la diffusion d'une trame résolution de contention

La norme IEEE 802.4 (token bus : jeton sur bus)

☞ Résolution de contention

- ↳ 4 fenêtres de réponses sont ouvertes (TC)
- ↳ Les stations vont se répartir dans les différentes TC_i (0, 1, 2 ou 3 * TC_i avec i=1,2,3,4)
- ↳ La première réponse qui sera seule dans sa fenêtre sera acceptée

✓ Initialisation

- ☞ Première machine active constate qu'il n'y a pas de trafic qui circule
- ☞ Transmet une trame Claim Token
- ☞ N'obtenant pas de réponse, elle constitue un anneau logique dont elle est l'unique station
- ☞ Ouvre deux fenêtres (pour adresses plus petites et plus grandes)

La norme IEEE 802.4 (token bus : jeton sur bus)

✓ Suppression d'une station

- ☞ attendre le jeton
- ☞ émettre une trame Set-Successor à la station prédécesseur pour lui indiquer son nouveau successeur
- ☞ Cette dernière prévient ensuite celui-ci qu'elle est son nouveau prédécesseur

✓ Passage du jeton: étapes

- ☞ passer le jeton,
- ☞ reste à l'écoute pour vérifier que le nœud successeur envoie une trame (de données ou le jeton).
- ☞ Dans le cas négatif et après un certain nombre de tentatives un nouveau successeur est élu.
 - ↳ Par diffusion d'une requête
 - ↳ En cas d'échec: utiliser algorithme de résolution en arbre quaternaire

La norme IEEE 802.4 (token bus : jeton sur bus)

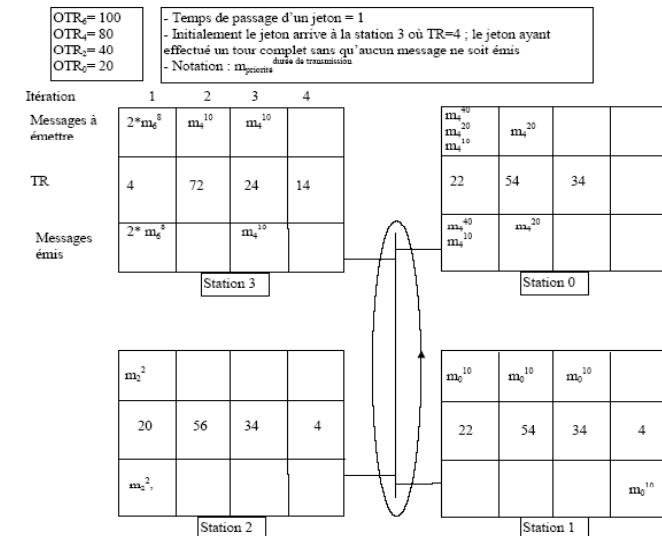
✓ Perte du jeton

- ☞ Une absence de signal pendant un certain temps → perte du jeton
- ☞ Émettre un Claim Token dont la longueur dépend de son adresse
- ☞ Un nœud qui a fini d'émettre un Claim Token mais entend les CT des autres → abandonne
- ☞ Très vite la plupart des stations abandonnent
 - ↳ une et une seule entend un silence après la transmission de son Claim Token
 - ↳ Après plusieurs itérations d'un Claim Token suivi d'un silence, la station considère avoir gagné le droit de régénérer le jeton

La norme IEEE 802.4 (token bus : jeton sur bus)

- ✓ Gestion des priorités: mécanisme optionnel
 - ☞ 4 niveaux de priorité : $0 < 2 < 4 < 6$
 - ☞ À chaque priorité est associé un un objectif de temps de rotation : OTR
 - ☞ $OTR_0 < OTR_2 < OTR_4 < OTR_6$
 - ☞ Sur chaque noeud et pour chaque ordre de priorité I (à partir de la plus haute), lorsque le jeton revient, après un temps TR, les messages sont émis dans la limite du temps qui reste.
 - ☞ Chaque station
 - ☞ émet en priorité ses trames de forte priorité
 - ☞ a plus de temps pour les trames de priorité 6 que celles de 0
- ✓ S'il n'est pas utilisé, un noeud ne peut détenir le jeton au-delà d'une certaine période (fixée lors de la configuration)

La norme IEEE 802.4 (token bus : jeton sur bus)

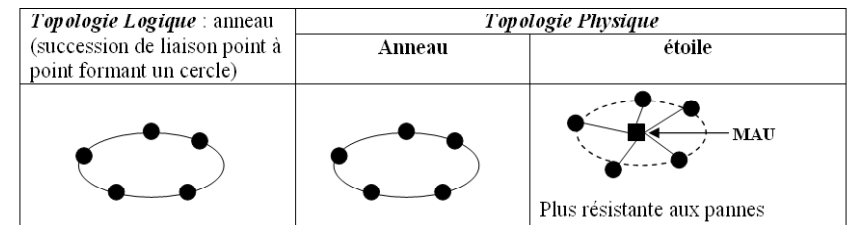


PLAN DU CHAPITRE

- ① Les normes IEEE 802.x
- ② La norme IEEE 802.3
- ③ La norme IEEE 802.4
- ④ La norme IEEE 802.5
- ⑤ Exercices

La norme IEEE 802.5 (Token ring: jeton sur anneau)

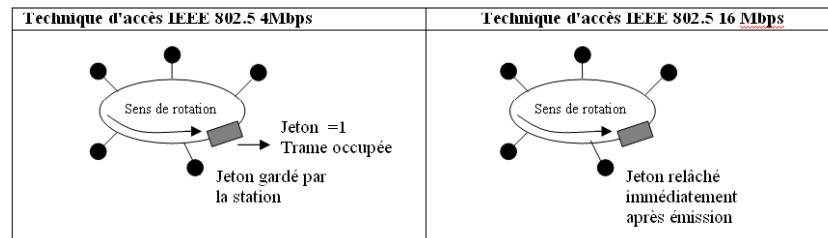
- ✓ Topologie, câblage et niveau physique



- ✓ Le MAU: équivalent à un HUB. Permet de
 - ☞ détecter une coupure dans l'anneau et de la réparer immédiatement
 - ☞ ajouter une station à « chaud »
- ✓ Support : paires torsadées blindées
- ✓ Transmission: Bande de Base (Manchester Différentiel)

La norme IEEE 802.5 (Token ring: jeton sur anneau)

✓ Topologie, câblage et niveau physique

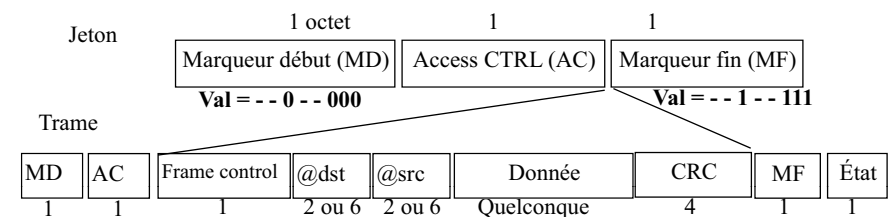


✓ L'émetteur doit être capable de :

- ☞ Connaître sa trame (à son passage)
- ☞ Constater que le destinataire a bien reçu le message
- ☞ Détruire sa trame
- ☞ Réémettre un jeton libre

La norme IEEE 802.5 (Token ring: jeton sur anneau)

✓ Format de trame



✓ *Marqueur début et fin* : Codage erroné du Manchester Différentiel (i : incohérent):

- ☞ Début = ii0ii000
- ☞ fin = ii1ii111

La norme IEEE 802.5 (Token ring: jeton sur anneau)

✓ *Access control* : Utilisé pour gérer le droit à la parole.

- ☞ 1 bit pour signifier si le jeton est libre ou non
- ☞ 1 bit de supervision dit bit moniteur,
- ☞ 3 bits de priorité (de 0 à 7)
- ☞ et 3 bits de réservation.

✓ *Frame control* : type de trame (données ou commandes)

✓ *Données* : peut être aussi long que l'on veut.

- ☞ la taille des données maximales sera limitée par le temps de maintien du jeton (10 ms).

✓ *Etat: Frame status*. Il contient 2 informations :

- ☞ bit A mis à 1 lorsqu'un MAU reconnaît l'adresse destinataire comme étant celle d'une des stations lui étant reliée.
- ☞ Bit C est mis à 1 lorsque la station destinataire effectue une copie de la trame.

La norme IEEE 802.5 (Token ring: jeton sur anneau)

✓ Surveillance du jeton : centralisé

- ☞ Par un nœud appelé moniteur
- ☞ Timer expire : purger l'anneau (envoi d'une trame) et émettre un nouveau jeton

✓ Surveiller une trame qui boucle

- ☞ Lorsqu'une trame passe devant le moniteur,
 - ☞ il met le bit moniteur de l'octet contrôle d'accès de la trame à 1.
- ☞ Si le moniteur voit arriver une trame avec ce bit M à 1 c'est que la trame a déjà fait plus d'un tour.
 - ☞ Le moniteur la supprime
 - ☞ émet un jeton vide.

La norme IEEE 802.5 (Token ring: jeton sur anneau)

- ✓ Détection de l'absence du moniteur
 - ☞ Le moniteur fonctionnel émet régulièrement une trame AMP (Active Monitor Present) (lorsqu'il a le jeton).
 - ☞ Chaque station possède un timer qu'elle réinitialise au passage de la trame AMP.
 - ☞ Si le moniteur cesse d'émettre cette trame, les timers vont arriver au bout.
 - ☞ La première station dont le timer arrive à terme lance le protocole d'élection d'un nouveau moniteur.
- Risque: si le moniteur émet une trame AMP et meurt ??

La norme IEEE 802.5 (Token ring: jeton sur anneau)

- ✓ Risque: si le moniteur émet une trame AMP et meurt ??
 - ☞ La trame AMP va tourner en boucle
 - ☞ étant donné que la trame AMP possède le jeton, plus personne ne parlera.
- ✓ Solution
 - ☞ le moniteur attend un temps minimum entre deux émissions d'AMP
 - ☞ chaque station possède un deuxième timer réinitialisé au passage d'un AMP.
 - ☞ Si la trame AMP arrive avant que ce timer n'expire dans une station, cette dernière détruit la trame AMP et lance la procédure d'élection d'un nouveau moniteur.

La norme IEEE 802.5 (Token ring: jeton sur anneau)

- ✓ Protocole d'élection d'un nouveau moniteur :
 - ☞ La station qui détecte en premier l'absence du moniteur
 - ☞ Envoi une trame **Claim Token** qui contient son adresse.
 - ☞ Lorsqu'une station reçoit un **claim Token** elle en émet un autre avec comme adresse la plus grande entre celle reçue et la sienne.
 - ☞ Cette procédure au bout du compte arrive au fait que la station ayant l'adresse la plus grande reçoit un claim Token avec sa propre adresse.
 - ☞ Elle se déclare moniteur.
 - ☞ Emet une trame qui signale qu'elle a prit le rôle de moniteur.

La norme IEEE 802.5 (Token ring: jeton sur anneau)

- ✓ Notion de priorité et réservation :
 - ☞ 3 bits du champs AC (8 priorité $0 < 1 < 2 \dots < 7$)
 - ☞ Lorsqu'une station veut émettre une trame
 - ☞ Jeton libre 😊
 - ☞ Trame occupé → réserver avec une priorité P
 - ☞ Une autre station peut réserver avec une priorité supérieur à P.
 - ☞ Elle remplace l'ancienne réservation par la sienne.
 - ☞ La station émettant des trame va relâcher à la fin de l'émission un jeton libre. Elle aura copié le niveau de réservation dans le champ priorité (également 3 bits).

La norme IEEE 802.5 (Token ring: jeton sur anneau)

- ☞ Les stations qui verront passer ce jeton libre
 - ☞ ne pourront le prendre que si leur niveau de priorité est égal ou supérieur à celui indiqué dans le jeton.
 - ☞ Par contre elles peuvent toujours effectuer des réservations avec les mêmes contraintes.
- ☞ Bien sûr, ce n'est pas forcément celle qui avait effectué la plus forte réservation qui va prendre le jeton
 - ☞ si une station pendant le tour du jeton est apparue avec une priorité plus forte, elle prendra le jeton qu'elle ait effectué ou pas une réservation !

Chapitre IV Composantes et câblages

Composantes et câblages :Plan

- 10 BASE 5
- 10 BASE 2
- 10 BASE T
- 10 Base-F
- Equipements
 - Tranceiver, AUI et Fan out, Répéteur, concentrateur ou hub, NIC, pont, commutateur

10 BASE 5 (THICK Ethernet ou Ethernet de base)

- ✓ Coaxial 50 Ω (1cm de diamètre, jaune, rigide)
 - ☞ Jusqu'à 500 mètres de câble par segment
 - ☞ Max 100 stations par segment
 - ➔ 1 station tous les 2,5 mètres.
- ✓ Rayon de courbure 25 cm
- ✓ Vitesse de propagation = $0.77 * c = 2.31 * 10^8 \text{m/s}$
- ✓ Connectique de type N (avec filetage)

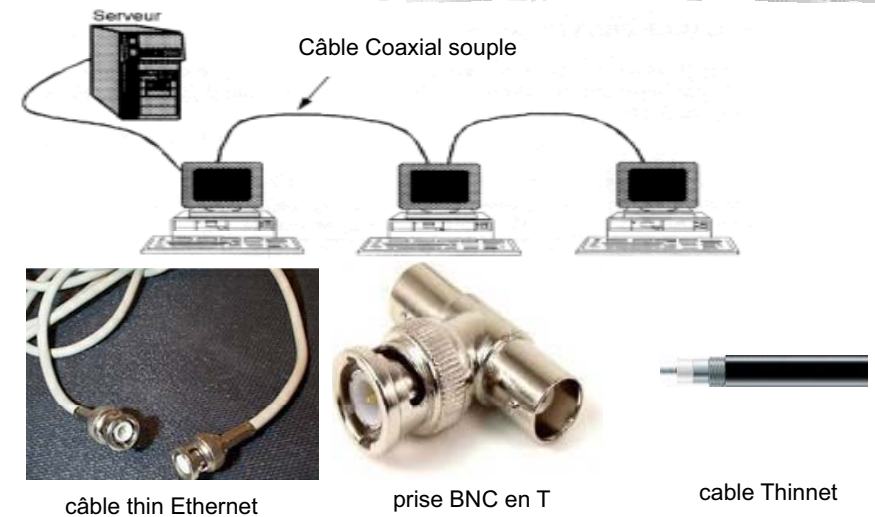


cable Thicknet

10 BASE 2 (THIN Ethernet ou Ethernet fin ou Cheapernet)

- ✓ Coaxial 50 Ω (0,5cm de diamètre , souple)
 - ☞ Jusqu'à 185 mètres de câble par segment;
 - ☞ Maximum de 30 station par segment;
 - ☞ Espacées de 50 cm.
- ✓ Rayon de courbure 5 cm
- ✓ Vitesse de propagation = $0.65 * c = 1.95 * 10^8 \text{m/s}$
- ✓ Connectique de type BNC

10 BASE 2 (THIN ETHERNET)



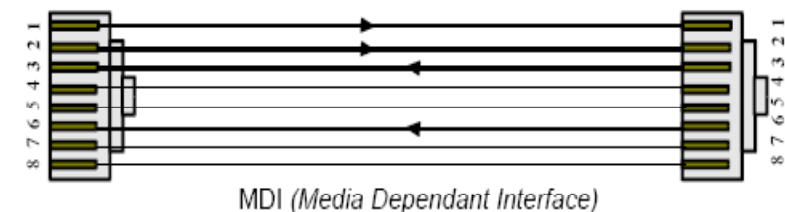
Ethernet 10 BASE T (Starlan)

- ✓ T : Twisted Pair « à paire torsadée »
 - ☞ Paire torsadée non blindée (Unshielded Twisted Pair); UTP3 ou UTP5
 - ☞ Grande Souplesse.
 - ☞ 4 paires polarisées (2 paires suffisent)
 - ☞ 100 mètres par segment.
 - ☞ Peut supporter le mode optionnel de fonctionnement full duplex (802.3x).
 - ☞ Impédance 100 ohms.
- ✓ Vitesse de propagation = $0.585 * c = 1.75 * 10^8 \text{m/s}$
- ✓ Connectique type RJ45 (8 broches)
- ➔ 1992 : Fast-Ethernet 100BaseT(UTP 5).



10 BASE T: Câble de liaison

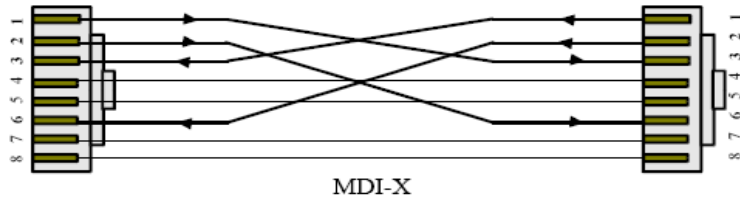
- ✓ La liaison d'une station à une autre par un lien équipé de la même prise aux deux extrémités pose un **problème** (symétrie).
 - ☞ 2 fils sont dédiés à l'émission
 - ☞ 2 fils sont dédiés à la réception



10 BASE T: Câble croisé

✓ Pour relier deux machines entre elles, il faut donc inverser les connexions des fils aux broches de la prise entre les deux extrémités (MDI-X)

☞ La broche d'émission doit être reliée à une broche de réception (et vice versa).



MDI-X

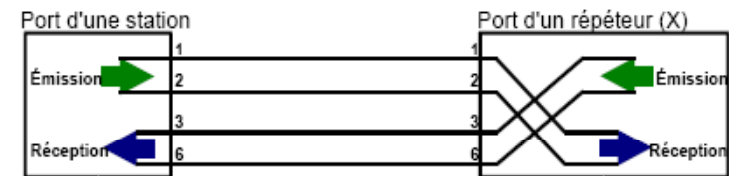
10 BASE T Câblage des ports d'équipements

✓ Pour éviter d'avoir à sertir des câbles croisés, les répéteurs, hubs... fournissent des ports dont les fils sont croisés en interne (marqués d'un « X »)

☞ Câble croisé entre deux machines ou deux hubs (MDI-X)

☞ Câblage « droit » entre une machine et un hub (MDI), car les fils sont croisés à l'intérieur des ports des répéteurs.

☞ Des switches AutoMDI existent.

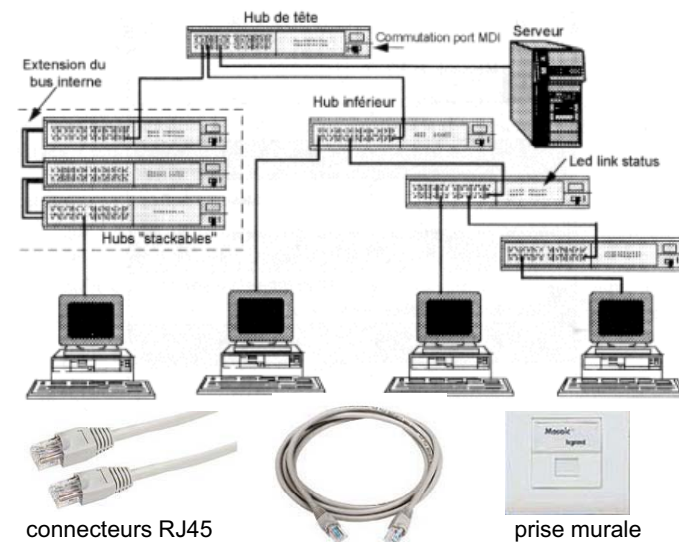


Branchement des fils Câble RJ45 croisé

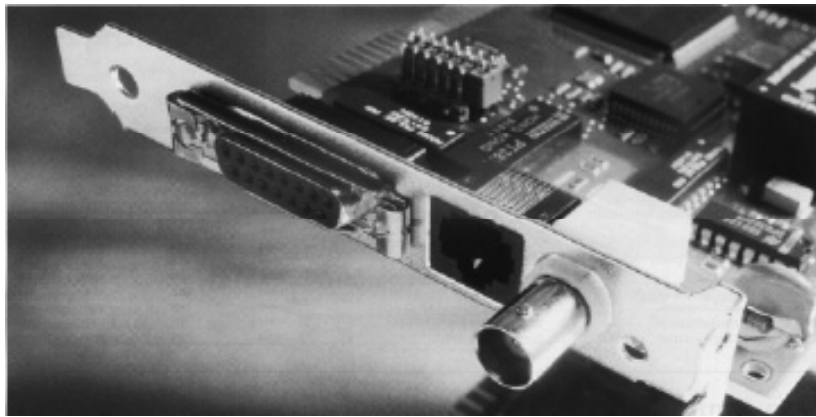
Côté 1 (TIA/EIA 568A)			Côté 2 (TIA/EIA 568B)		
Nom	N°	Couleur	Nom	N°	Couleur
TD+	1	Blanc/Vert	RD+	1	Blanc/Orange
TD-	2	Vert	RD-	2	Orange
RD+	3	Blanc/Orange	TD+	3	Blanc/Vert
Non utilisée	4	Bleu	Non utilisée	4	Bleu
Non utilisée	5	Blanc/Bleu	Non utilisée	5	Blanc/Bleu
RD-	6	Orange	TD-	6	Vert
Non utilisée	7	Blanc/Marron	Non utilisée	7	Blanc/Marron
Non utilisée	8	Marron	Non utilisée	8	Marron

RD/TD : Receive Data/ Transmit Data

Ethernet 10 BASE T



Carte coupleur



A quel type de réseau Ethernet correspondent les différentes prises de cette carte ?

10Base-F (Fibre optique)

- ✓ FOIRL : Fiber Optic InterRepeater Link (original)
 - ☞ Seulement entre 2 répéteurs (ancien), 1000m max.
- ✓ 10Base-F (nouveau) 3 types de segments:
 - ☞ 10Base-FL (Fiber Link) : fibre optique, 10Mbit/s, point à point, topologie en étoile, longueur max 2km.
 - ☞ 10Base-FB (Fiber Backbone) : inter répéteurs (15 répéteurs au plus)
 - ☞ 10Base-FP (Fiber Passive) segment optique passif (HUB), 10Mbit/s, point à point, topologie en étoile, longueur maximale d'un câble 500m.

Tranceiver (transmitter receiver)

- ✓ Appelé MAU (Medium Attachment Unit) dans IEEE 802.3
- ✓ convertit une forme de signal en une autre forme (exemple convertir des ports AUI en ports RJ-45)
- ✓ Détecte les collisions
- ✓ Protection contre les trames trop longues (jabber)
- ✓ Souvent intégré dans la carte coupleur



tableau de connexions

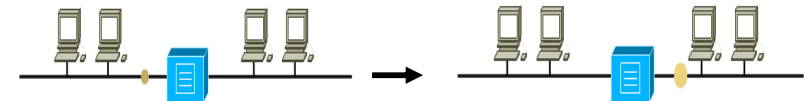


AUI & Fan out

- ✓ AUI: Câble de trancheur ou câble de descente (drop cable)
 - ☞ Relie le trancheur au coupleur;
 - ☞ Longueur maximum de 50m;
 - ☞ Utilise un connecteur 15 pins.
- ✓ Fan out ou multiplicateur d'accès : permet de connecter plusieurs nœuds à un même trancheur via des câbles AUI

Répéteur

- ✓ Permet de relier deux segments
- ✓ Équipement d'interconnexion fonctionnant au niveau de la couche physique (couche 1) du modèle OSI
- ✓ Régénère et synchronise les signaux → étendre les câbles sur de plus grandes distances
- ✓ Le nombre de répéteur est limité selon la norme utilisée
- ✓ Les données (bits) arrivant à un port d'un répéteur sont envoyées à son deuxième port.



Les concentrateurs ou hubs:

- ✓ Ce sont des répéteurs multiports donc des équipements de couche 1.
- ✓ Ils comportent généralement 4, 8, 12 et 24 ports, ce qui permet d'interconnecter facilement un grand nombre d'équipements.
- ✓ Chaque signal arrivant sur un port est régénéré, re-synchronisé et ré émis au travers de tous les autres ports.



Carte réseau ou carte coupleur (Network Interface Card)

- ✓ Elle contient l'adresse MAC.
- ✓ Assure
 - ☞ Le lien physique entre l'ordinateur et le réseau.
 - ☞ le contrôle de lien logique,
 - ☞ la désignation,
 - ☞ le verrouillage de trame,
 - ☞ l'accès au média ainsi que la signalisation.
- ✓ Trois facteurs différencient les types de cartes :
 - ☞ Le type de réseau : *Ethernet, Token Ring*
 - ☞ Le type de média: *Fibre optique, UTP, coaxial*
 - ☞ Le type de bus système: *PCI, ISA, PCMCIA*



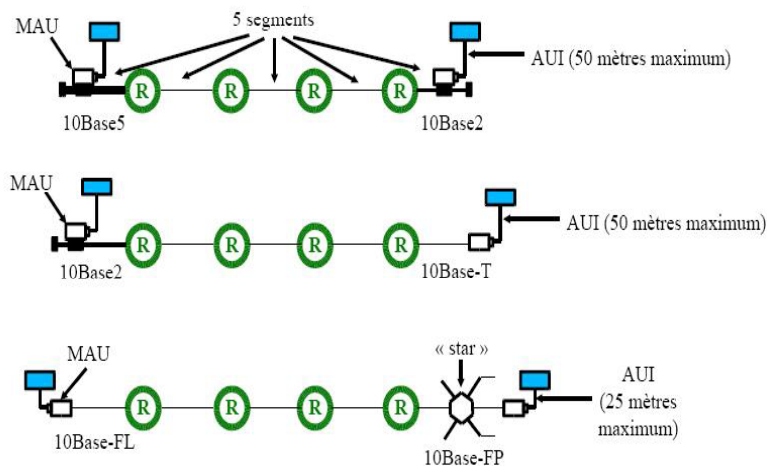
Ponts et commutateur (switch)

- ✓ Pont
 - ☞ interconnecte (niveau 2) au moins deux sous réseau.
 - ☞ Souvent utilisé pour partitionner un grand réseau en deux autres réseaux plus petits pour des questions de performances.
- ✓ Commutateur = pont multi ports.
 - ☞ relie plusieurs segments réseau
 - ☞ achemine les trames sur le bon segment de destination grâce aux adresses (niveau 2).
- ✓ 2 types de commutations :
 - ☞ cut through : dès que le commutateur connaît l'adresse de destination, il commence l'envoi de la trame sur le bon segment.
 - ☞ Store and forward : le commutateur attend l'arrivée complète de la trame pour acheminer celle-ci au bon segment.

Règles de configuration (10Mbit/s)

- ✓ **Modèle 1** (configuration « sur étagère »)
 - ☞ Entre deux équipements d'un même domaine de collision :
 - ☞ un maximum de 5 segments,
 - ☞ de 4 répéteurs,
 - ☞ de 2 MAU et de 2 AUI
 - ☞ La longueur d'un câble AUI < 25m pour 10Base-FL et 10Base-FP. et < 50m Pour tout autre câble AUI.
- ✓ Si chemin = 4 répéteurs et 5 segments
 - ☞ Mixer au max 3 segments. Les 2 autres doivent alors être des segments de lien (« link segment »), i.e., point à point.
 - ☞ Chaque segment de lien fibre optique (FOIRL, 10Base-FL ou 10Base-FB) doit être $\leq 500m$ et 10Base-FP doit être $\leq 300m$

Exemples de configurations

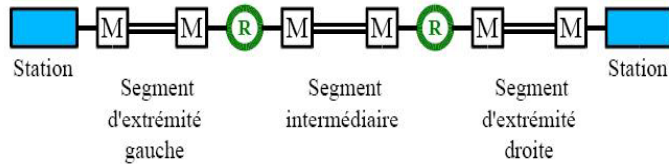


Règles de configuration (10Mbit/s)

- ✓ **Modèle 2** (cas différents de sur étagère)
 - ☞ Modèles de réseaux
 - ☞ Segments d'extrémité gauche, intermédiaires et d'extrémité droite
 - ☞ Trouver les « pires chemins »
 - ☞ Pour lesquels les segments sont les plus longs et avec le plus grand nombre de répéteurs.
 - ☞ Calcul des délais d'aller et retour (+ 5 bits) ≤ 575
 - ☞ Calcul du rétrécissement de l'espace inter-trame ≤ 49

Modèle du réseau

✓ Modélisation du réseau sous cette forme:



M : MAU
R : Répéteur
— : Câble AUI
= : Média

Permet de calculer les délais d'aller et retour pour les pires chemins

Table des délais aller-retour

Type de segment	Long Max	Extr. gauche Base Max	Seg. Interm. Base Max	Extr. Droite Base Max	Délai RT par mètre
10Base5	500	11,75 55,05	46,5 89,8	169,5 212,8	0,0866
10Base2	185	11,75 30,731	46,5 65,48	169,5 188,48	0,1026
FOIRL	1000	7,75 107,75	29 129	152 252	0,1
10Base-T	100	15,25 26,55	42 53,3	165 176,3	0,113
10Base-FP	1000	11,25 111,25	61 161	183,5 284	0,1
10Base-FB	2000	N/A N/A	24 224	N/A N/A	0,1
10Base-FL	2000	12,25 212,25	33,5 233,5	156,5 356,5	0,1
Excess AUI	48	0 4,88	0 4,88	0 4,88	0,1026

Rétrécissement inter-trame

✓ On doit distinguer l'extrémité émettrice de l'extrémité réceptrice, puis échanger

☞ Rétrécissement total doit être inférieur ou égal à 49 bits

Type de segment	Extrémité émettrice	Segment intermédiaire
Coaxial	16	11
Lien sauf 10Base-FB	10,5	8
10Base-FB	N/A	2
10Base-FP	11	8

✓ Exemple : (pire chemin S1 <-> S2)

☞ Délai A/R:

↳ Extr. G : 212,25 + Seg. Inter (absent) +

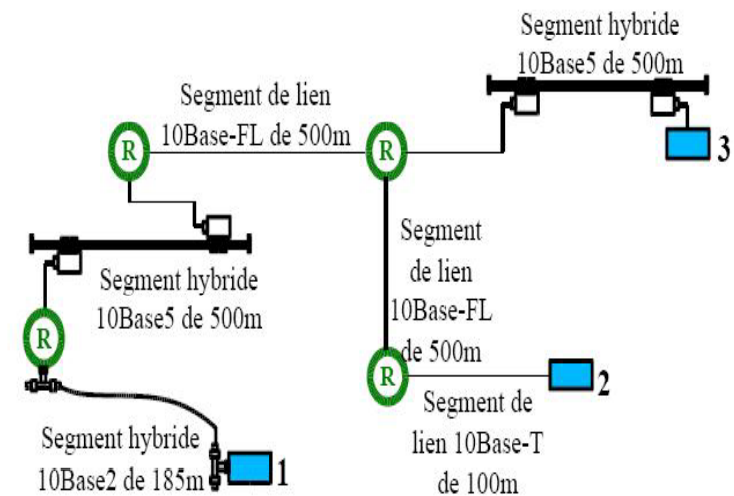
↳ Extr. D : 356,5 +

↳ Marge : 5 = 573,75 ≤ 575

✓ Rétrécissement de l'intervalle inter trame :



Exemple de configuration (conforme aux modèles 1 et 2)



Composantes d'un réseau Token-Ring

- ✓ MAU (Multiple Access Unit) : nœud central réalisant une boucle (topologie physique en étoile)
 - ☞ Permettant une meilleure résistance aux pannes
 - ☞ Détecte une coupure du câble ou un nœud hors service
- ✓ CAU (Controlled Access Unit) : concentrateur, comme le MAU
 - ☞ Détecte et identifie les nœuds en panne et les signale à une console
- ✓ Commutateur Token-Ring : même principe que les commutateur Ethernet

Plan de câblage

- ✓ Pré câblage:
 - ☞ Reconfigurabilité (indépendance vis-à-vis du type du réseau et schéma de câblage)
 - ☞ Possibilité de connexion de n'importe quel bureau
 - ☞ Intégration de la transmission de la voix, des données et des images dans une même opération de câblage
- ✓ Post-câblage : plus cher
- ✓ Main d'œuvre compte la moitié du coup total du câblage

Chapitre V

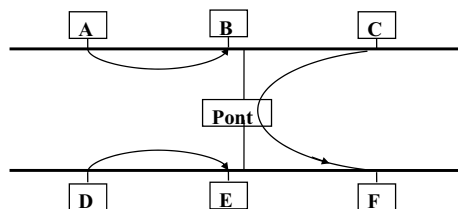
Interconnexion des réseaux locaux

Equipements d'interconnexion

Couches supérieures	passerelles
Couche 3	routeurs
Couche 2	pont et commutateur (switch)
Couche 1	modem, répéteur, concentrateur ou hub

Interconnexion par pont

✓ Pont filtrant

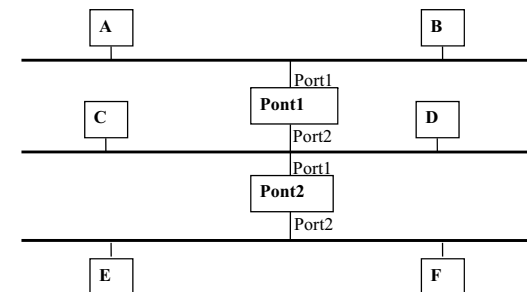


✓ Algorithme de sélection de trames:

- ☞ si destination est sur le même sous réseau **alors** trame rejeté
- ☞ **sinon si** destination est sur un autre sous réseau **alors** la trame est recopié sur ce dernier
- ☞ **sinon si** destination inconnu ou diffusion alors la trame est recopié sur tout les autres sous réseaux.

Tables de pontage

- ✓ A chaque interface du pont est associée une table qui maintient l'ensemble des adresses MAC sources des trames observées sur cette interface + un délai de garde (Timer: réarmé à chaque réception de trame)
- ✓ Construire les tables de pontages par port



Algorithme du spanning tree

✓ Objectifs :

- ☞ permettre des ponts transparents (rien à faire sur les stations)
 - ☞ autoriser une redondance physique (volontaire ou non)
 - ☞ éviter les trames qui bouclent
 - ☞ s'adapter rapidement aux changements de configuration (volontaires ou non)
 - ☞ boîte noire (pas de configuration)
 - ☞ reproductibilité (à configuration physique identique, la configuration logique est la même quels que soient les événements antérieurs).
- ✓ Un ensemble de sous réseau interconnecté par ponts peut être assimilé à un graphe. Les arêtes sont les connexions LAN-pont (les nœuds sont les ponts et les LAN). Si on supprime les boucles d'un graphe, on obtient un arbre et si cet arbre passe par tous les arcs, on obtient un arbre de recouvrement total (**spanning tree**).

Algorithme du spanning tree

- ✓ **Résultat:** élire un pont particulier appelé **racine** et choisir un chemin unique entre les autres ponts et la racine
- ✓ L'algorithme repose sur la transmission d'un message HELLO (avec une adresse MAC multicast) appelé BPDU (Bridge Protocol Data Unit) contenant:
 - ☞ l'id supposé de la racine,
 - ☞ le coût de la liaison entre le pont et la racine supposée (nombre de ponts intermédiaire)
 - ☞ l'id du pont émetteur,
 - ☞ le n° du port sur lequel le message est émit

Algorithme du spanning tree

✓ Comparaisons de BPDUs

☞ Soient BPDUs_1 = (R1, D1, E1, P1) et BPDUs_2 = (R2, D2, E2, P2)

☞ BPDUs_1 est meilleure que BPDUs_2 SI

☞ R1 < R2 **ou**

☞ R1 = R2 ET (D1 < D2) **ou**

☞ R1 = R2 ET D1 = D2 ET E1 < E2 **ou**

☞ R1 = R2 ET D1 = D2 ET E1 = E2 ET P1 < P2

✓ Exemples :

☞ (3,2,5,7) est meilleure que (4,6,7,1)

☞ (1,0,1,4) est meilleure que (1,0,1,5)

✓ Consensus:

☞ le **pont racine est celui ayant le plus petit id.**

☞ S'il y a plusieurs chemins vers la racine, choisir le plus court

☞ s'il y a égalité entre plusieurs chemins alors choisir le chemin proposé par le pont ayant le plus petit id

☞ si ce pont propose plusieurs fois le même chemins (cas où plusieurs ports sont connectés au même sous réseau) le port le plus petit sera choisie.

Algorithme du spanning tree

✓ Initialisation: chaque pont se considère comme racine et émet périodiquement sur chacun de ses ports un message < id, 0, id, n°port>.

✓ Si sur l'un des sous réseaux, auxquels il est connecté circule une meilleure configuration alors :

☞ la voie (chemin) par laquelle cette meilleure configuration a été reçue devient le chemin pour la racine.

☞ une nouvelle configuration est calculée,

☞ le premier champs (id racine) reprend le champs du meilleur message,

☞ le coût est augmenté de 1.

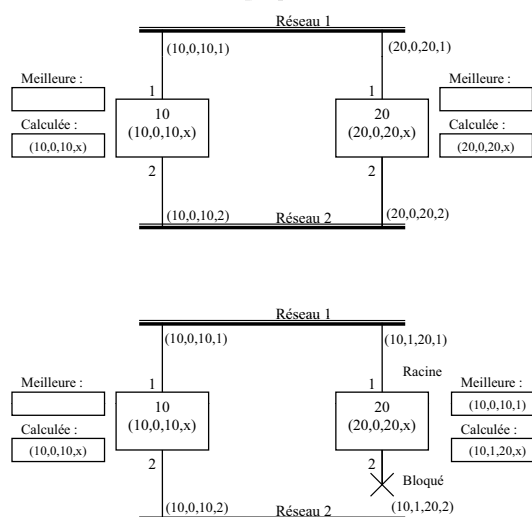
☞ Les deux autres champs restent intacts.

✓ Le pont détermine ensuite quels ports doivent être activés ou inhibés en transmission.

☞ Il regarde le meilleur message de configuration reçue sur chacun de ses ports.

☞ Si, pour un port donnée, le meilleur message de configuration est compris entre la meilleure configuration reçue et la configuration calculée alors le port est inhibé.

Algorithme du spanning tree: exemple



Algorithme de routage par la source (Source Routing)

✓ le choix de la route vers une destination est laissé à la charge de la source

✓ Détermination des routes:

☞ La source envoie une trame d'exploration en diffusion afin d'explorer toutes les routes

☞ A chaque passage par un pont, celui-ci rajoute son identification ainsi que l'identification du sous-réseau source (en conservant l'ordre de passage par les différents ponts déjà traversés).

☞ Par la suite, le pont retransmet la trame sur tous ses ports sauf d'où est parvenue la trame.

☞ Si une trame d'exploration revient à un pont, elle est éliminée.

☞ Le destinataire répond à chacune de ces trames d'exploration par une autre trame qui suit la même route que la trame d'exploration en sens inverse.

☞ La source choisit une route. Elle insère dans une trame de donnée la route retenue

✓ Critères de choix d'une route:

- ☞ la route indiquée par la première trame en réponse,
- ☞ la route la plus courte,
- ☞ alternance des routes,
- ☞ Les routes sont recalculées périodiquement.

✓ Critiques :

- ☞ Optimisation des routes dynamiquement et possibilité d'exploiter plusieurs chemins alternatifs.
- ☞ non transparent, les stations doivent participer à l'exécution de l'algorithme de routage. Le traitement des pannes est aussi pris en charge par les stations.
- ☞ Une en-tête supplémentaire se rajoute au niveau de chaque trame.

Format d'une trame (LLC/Source Routing/IEEE802.5)

SD
AC
FC
Adresse destination
Adresse source
Information de routage
- 3 bits: type=(data, All Path Explorer, Null...)
- 5 bits: long. de la route en nombre d'éléments à traverser
- 1 bit sens d'interprétation (du premier élément ou inversement)
- 3 bits taille maximale d'une trame
- suite d'éléments : (élément1, élément2, élément3, ...)
où élément est décrit par le couple (12 bits :numéro du sous-réseau, 4 bits: numéro du pont (relatif au LAN))
Champ information
FCS
ED
FS

Pont: Adaptation des protocoles MAC

✓ le pont peut interconnecter des réseaux hétérogènes 802.2, 802.4 et 802.5 → besoin d'opérations d'adaptation et de traduction.

- ☞ 1. Reformater la trame y compris le calcul du FCS, le rajout éventuel des bits de bourrage, ...
- ☞ 2. Inverser l'ordre des bits.
- ☞ 3. Copier la priorité.
- ☞ 4. Générer une priorité.
- ☞ 5. Ignorer la priorité.
- ☞ 6. Retirer la trame du réseau.
- ☞ 7. Positionner les bits A et C d'une trame

Src/Dest.	802.3	802.4	802.5
802.3		1,4	1,2,4,6
802.4	1,5		1,2,3,6
802.5	1,2,5,7	1,2,3,7	6,7

Pont: Adaptation des protocoles MAC

✓ La réalisation d'un pont, entre des réseaux locaux hétérogènes, pose des difficultés quel'on ne peut pas toujours résoudre.

- ☞ Un pont risque de se congestionner lorsqu'il interconnecte des réseaux ayant des capacités de transmission différentes.
- ☞ La taille maximale d'une trame doit être la même pour les différents réseaux Interconnectés par un pont (au risque de ne pas pouvoir envoyer des trames trop longues).

Les routeurs

- ✓ Fonction : acheminer des paquets en fonction de l'adresse réseau du destinataire.
- ✓ Deux types : orientés connexion et non orientés connexion.
- ✓ Adaptations de protocoles : par concaténation ou par encapsulation.
- ✓ Caractéristiques:
 - ☞ Plusieurs ports LAN (avec adresse MAC) et / ou WAN.
 - ☞ Peut supporter différents protocoles de routage (RIP, EGP, OSPF...),
 - ☞ Peut être multi-protocoles prenant en charge différents protocoles : IP(DoD), IPX (Novell), X25 (ISO), XNS (Xerox), ...
 - ☞ A besoin d'une mémoire tampon pour le stockage temporaire des messages en transit.
 - ☞ Certains routeurs permettent de gérer des priorités entre les différents protocoles de niveau réseau.
 - ☞ Un routeur est configuré grâce à un terminal qui lui est relié directement, ou aussi, à travers le réseau via un terminal virtuel.

Architecture de L'Internet: les réseaux TCP/IP

PLAN

- 1. Introduction
- 2. Architecture de TCP/IP
 - 2.1. TCP/IP et Internet
 - 2.2. TCP/IP et OSI
 - 2.3. Encapsulation
- 3. Niveau de reseau
 - 3.1. Protocole IPv4
 - 3.2. Datagramme
 - 3.3. Fragmentation
- 4. Adressage IP
 - 4.1. Classes
 - 4.2. Notation decimale
 - 4.3. Conventions et adresses sépciales
 - 4.4. exemple d'Internet
- 5. Sous réseaux
 - 5.1. Notion de sous réseau
 - 5.2. netmask
- 6. Autres protocoles de niveau réseau
 - 6.1. RIP
 - 6.2. OSPF
 - 6.3. ARP
 - 6.4. RARP
 - 6.5. ICMP
- 7. Niveau transport
 - 7.1. UDP
 - 7.2. TCP
 - 7.3. L'entete TCP
 - 7.4. Etablissement d'une connexion TCP
 - 7.5. Terminaison d'une connexion TCP
- 8. Les serveurs de noms (DNS)
- 9. Les Sockets

1. INTRODUCTION – historique

TCP/IP

Combinaison des protocoles qui définissent L'échange de données a travers l'Internet

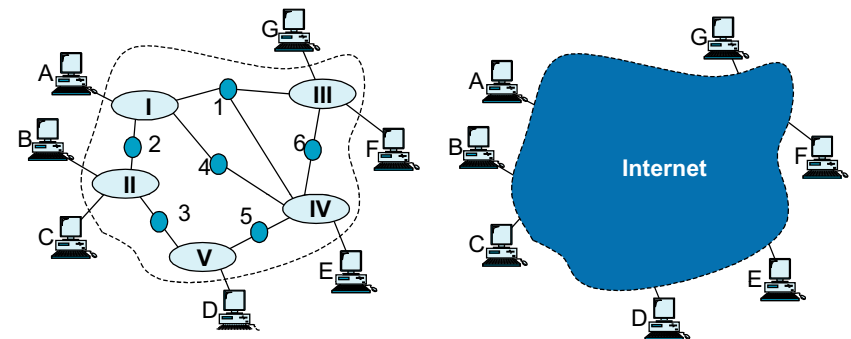
- TCP (*Transmission Control Protocol*)
- IP (*Internet Protocol*)

Evènements	Añid
Expérimentation de la commutation de paquets à l'ARPA	1966
Premiers noeuds opérationnels en ARPANET	1969
Invention de l'e-mail	1972
Première liaison a un ordinateur à l'extérieur des USA	1973
Transition de ARPANET au Département de Défense USA	1975
Début de l'expérimentation avec TCP/IP	1980
Inclusion de nouveaux hôtes chaque 20 jours	1981
Changement complet de TCP/IP	1983
Création de la backbone de la NSFnet	1986
L' ARPANET se retire	1990
Introduction du Gopher	1991
Invention du WWW	1991
Lancement du Mosaic pour X-windows	1992
Privatisation du backbone de l'Internet	1995
Construction du backbone OC-3 pour les Etats Unis	1996

- standard *de facto*
- Son nom vient de ses deux protocoles les plus populaires, TCP et IP
- Il est utilisé depuis plusieurs années. Montrant son efficacité à grande échelle

2.1. TCP/IP et Internet

- L'internet est une interconnexion de réseau physique indépendants.
- TCP/IP considère que les stations sont connectés à un grand réseau virtuel, l'architecture hardware sousjacente reste caché et obsolète.



(a) Un réseau réel

(b) Un réseau vue par TCP/IP