

Réseaux Locaux & Interconnexion

A. HASBI
GINF/EMI

PLAN

- Définition & caractéristiques
- Couche physique & câblage
- Couche 2: méthodes d'accès & adressage
- Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet ...
- Token Ring
- Interconnexion de LAN / Spanning Tree
- Introduction aux RSF (Wifi, Wimax, ...)
- Introduction aux VLANs

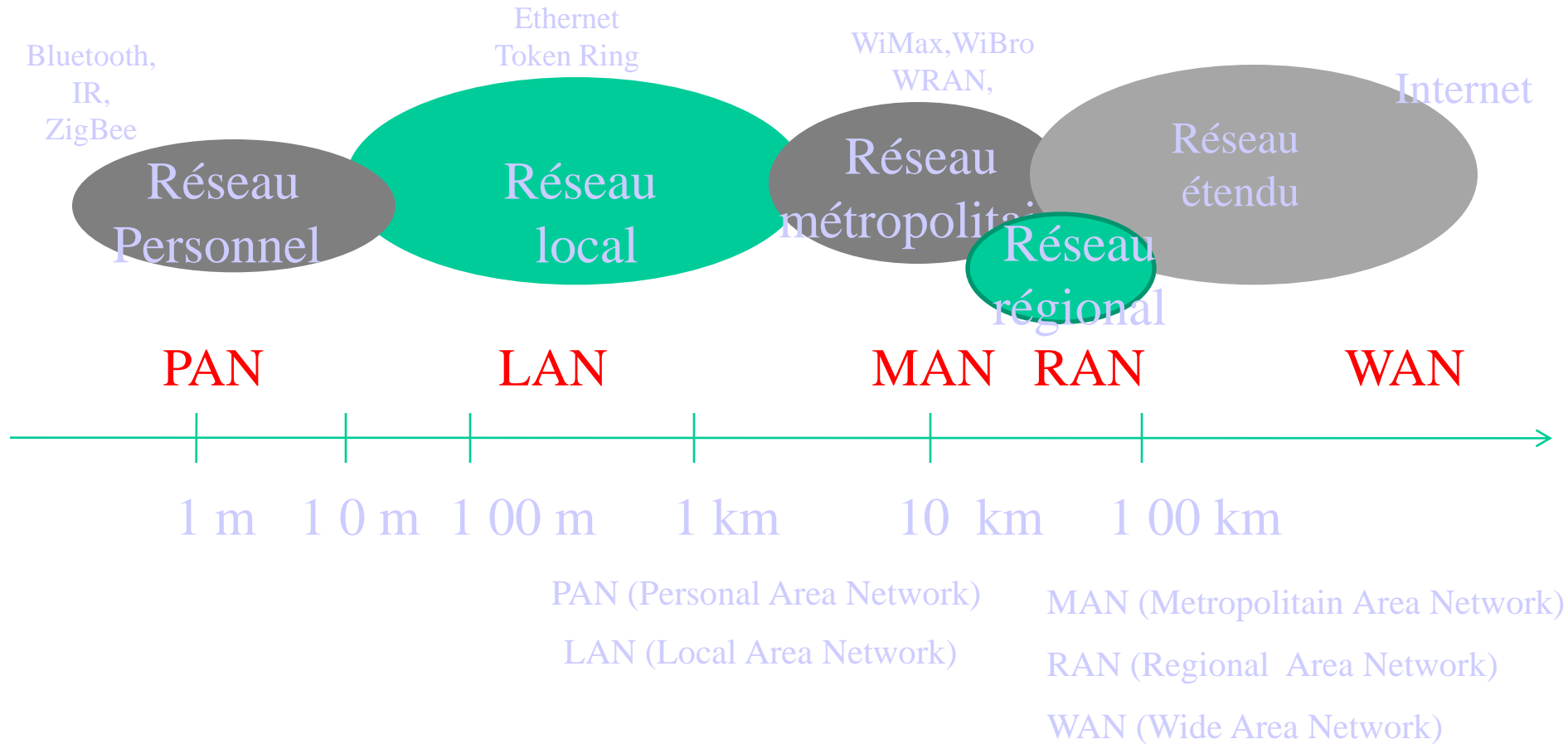
Chapitre I

Définitions & caractéristiques

Définition d'un LAN

- Les réseaux locaux informatiques(LAN ou RLE) sont destinés principalement aux communications locales, au sein d'une même entité (entreprise, administration, école, etc.) sur de courtes distances(qq Km).
- Les LAN offrent des débits élevés en général : 10Mbps, 100Mbps et des Gigabits aujourd'hui.

Appellations selon la taille



Applications des LAN(1)

➤ On distingue 2 grands domaines d'utilisation d'application des LAN:

- ✓ L'informatique (email, SOR, transfert de fichiers, partage de données, partage de périph., terminaux virtuels, services d'infos (ex. web) ...)
- ✓ L'industrie

➤ LAN informatique

Dans un environnement informatique, un LAN sert à relier les équipements tels les terminaux, les PC, les imprimantes, les unités de stockage, ...

- ✓ Exigence en débit élevé
- ✓ Des contraintes de temps souples

Applications des LAN(2)

➤ LAN industriels (RLI)

Les LAN sont aussi l'élément clé dans des environnements industriels automatisés ou FAO(Fabrication assistée par ordinateur). Dans ce cas, ils sont utilisés surtout pour interconnecter divers équipements de contrôle et de mesure(capteurs, robots,...).

- ✓ Exigence en temps réel: pour pouvoir transmettre les mesures et commandes à temps
- ✓ Les débits sont plus réduits: information de petite taille
- ✓ La fiabilité: un facteur important car il est difficile d'assurer la fiabilité dans un milieu très perturbé

Objectifs des LAN

Les réseaux locaux répondent donc à +rs besoins majeurs:

- Les besoins liés à l'informatique : partage de ressources et accès à distance aux serveurs de données, partage de logiciels, etc...
- Les besoins liés à l'automatique : la commande de machines(échange avec des capteurs et actionneurs), télésurveillance de machines, chaînes de production,...
- Les besoins liés à la communication et productivité : messagerie interne, travail collaboratif, ...

Caractéristiques des LAN(1)

Les LAN se distinguent des WAN par 3 caractéristiques:

- Gestion autonome: ils sont privés
 - ✓ choix du matériel, installation et administration
 - ✓ plusieurs solutions sur le marché
- Réseau à diffusion et support partagé
 - ✓ diffusion des informations sur le même support
 - ✓ conflit d'accès: si plusieurs stations émettent en même temps?
- Transmission en bande de base
 - ✓ Le mode de transmission est en général en bande de base
 - ✓ Le codage utilisé est Manchester ou codes par blocs.

Caractéristiques des LAN(2)

Les conséquences des particularités techniques des LAN sont:

- Les problèmes des accès concurrents
 - ✓ trouver une technique de partage du média(si possible équitable)
 - pris en charge par le protocole de niveau liaison
- Les problèmes de confidentialité et de sécurité
 - ✓ interception des mots de passe des usagers,
 - pris en charge par les systèmes d'exploitation (cryptage)

Caractéristiques des LAN(3)

Les différentes solutions de LAN se distinguent par 3 choix techniques:

1. Le type de topologie physique
2. Le type de support physique
3. La technique d'accès au support(topologie logique)

$1+2+3 = \text{un LAN particulier}$

Exemple: Ethernet, Token Ring, Token bus,...

Caractéristiques des LAN(4)

Ces 3 choix techniques vont définir d'autres propriétés techniques:

1. La capacité binaire(débit): 1; 10; 100; 1000 Mbps
2. La fiabilité: taux d'erreurs, temps réel, équité,...
3. La configuration: insertion, retrait de stations, connectivité, distances maximales,...

Exemple:

Ethernet: 10BaseT; 100BaseT, 10Base2, 100BaseF, 1000BaseT/F

Token Ring: 1Mbps, 4 Mbps, 16 Mbps, FDDI à 100Mbps

Normalisation des LAN

Deux organismes s'intéressent aux normes des LAN:

➤ **IEEE**

- création du comité 802 en 1980 pour la normalisation des LAN
- Normes: IEEE 802.x (x: 1 à 22)
- Quand ces normes sont approuvées par ISO: ISO 8802.x

➤ **ANSI**

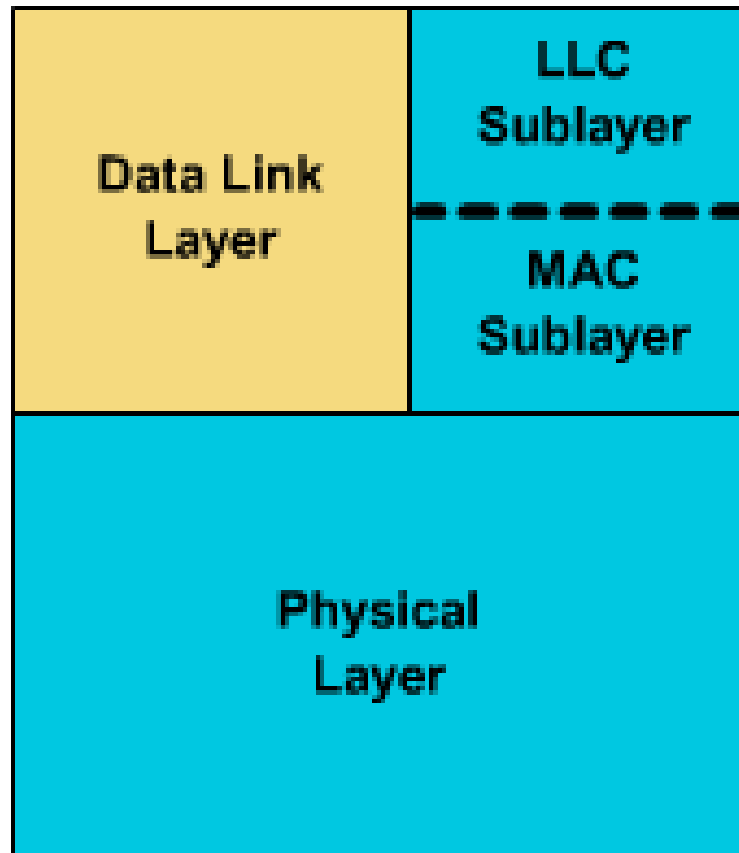
- définition ponctuelle de LAN. Par exemple: FDDI

Architecture IEEE802(1)

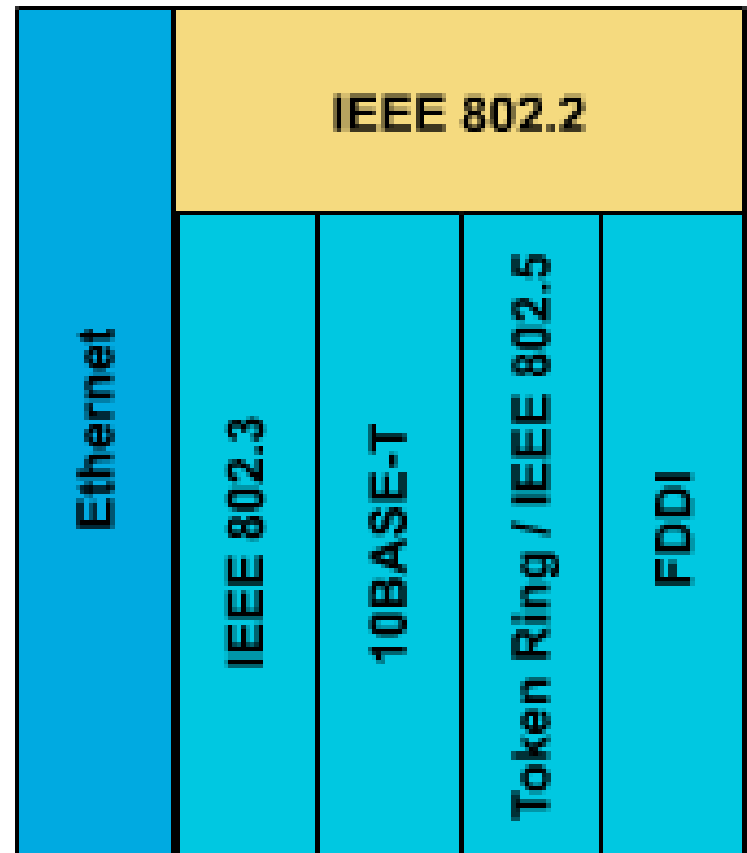
- IEEE ne s'intéresse qu'aux spécifications techniques des couches basses:
 - ✓ physique
 - ✓ Liaison de données
- La couche liaison est subdivisée en 2 sous-couches
 - ✓ MAC(Medium Access Control): assurer le partage équitable du support entre toutes les stations
 - ✓ LLC(Logical Link Control): gestion de la liaison entre 2 stations et assurer l'interface avec la couche réseau.

Architecture IEEE802(2)

OSI Layers



LAN Specification



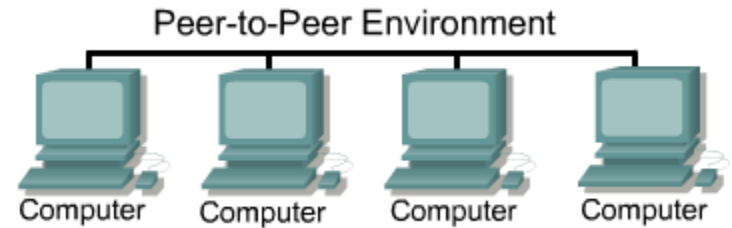
Architecture IEEE802(3)

802.2 Logical Control									
802.1 Bridging									
802 Overview & Architecture (802.1a)	802.3 Ethernet	802.4 Token Passing Bus	802.5 Token Ring	802.6 DQDB Access Method	802.9 Integrated Services	802.11 Wireless LAN	802.12 Demand Priority (VG)	802.14 Cable TV	802.15 Wireless Personal Area Network

Architectures LAN(1)

- Égal à égal ou poste à poste(peer to peer): les stations jouent le même rôle. Une station peut être client et serveur à la fois. Chaque utilisateur contrôle ses ressources (groupe de travail)

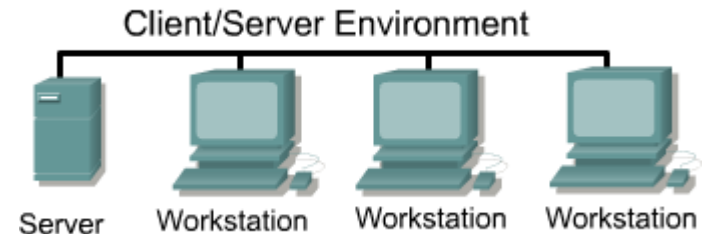
Exp: windows 98, win95, Win for WS



- Client serveur: les services sont sur un ordinateur dédié

Gestion centralisée des ressources

Exp: Windows NT/2000/XP



Architectures LAN(2)

Avantages d'un réseau d'égal à égal	Avantages d'un réseau client - serveur
Implémentation moins coûteuse	Meilleure sécurité
Ne demande pas d'autres logiciels spécialisés dans la gestion de réseau	Plus facile à administrer lorsque le réseau est important car L'administration est centralisée
Ne demande pas d'administrateur réseau dédié	Possibilité de sauvegarde de toutes les données dans un emplacement central
Inconvénients d'un réseau d'égal à égal	Inconvénients d'un réseau client -serveur
Ne s'adapte pas bien aux réseaux importants et complexité de l'administration	Nécessite un logiciel coûteux, spécialisé pour l'exploitation et l'administration du réseau
Chaque utilisateur doit être formé aux tâches d'administration	Le serveur nécessite du matériel plus puissant, donc coûteux
Moins sécurisée	Nécessite un professionnel en administration
Toutes les machines partageant les ressources donc diminution des performances	Présente un point de défaillance unique. Indisponibilité des données en cas d'arrêt du serveur

Architecture LANs



LLC=Logical Link Control
MAC=Media Access Control
MAU= Medium Access Unit

Ethernet partagés normalisés

IEEE 802.3 10 Base 5 (Câble coaxial blindé jaune)

IEEE 802.3 10 Base 2 (Cheapernet, câble coaxial non blindé, thin Ethernet)

IEEE 802.3 10 Base 36 (Ethernet large bande, câble coaxial)

IEEE 802.3 1 Base 5 (Starlan 1 Mbits/s Câble coaxial blindé jaune)

IEEE 802.3 10 Base T (10 Mbits/s , Twisted-Pair (paires de fils torsadées))

IEEE 802.3 10Base F, Fiber Optic (Fibre Optique)

- IEEE 802.3 10 Base FL, Fibre Link
- IEEE 802.3 10 Base FB, Fibre Backbone
- IEEE 802.3 10 Base FP, Fibre Passive

IEEE 802.3 10 0 base T, Twisted Pair ou encore FastEthernet (100 Mbits/s, CSMA/CD)

- 10 Base TX, Fibre Link
- 10 Base T4
- 10 Base FX,

---- 1000 Base CX, 1000 Base LX, 1000 Base T, 1000 Base SX

Chapitre II

MEDIAS et topologies

Architecture physique: Plan

- Topologies physiques
- Supports
 - Fils de cuivre
 - Câbles symétriques
 - Câbles asymétriques
 - Fibre optique
 - Monomode et multimode
- Câblage, définitions, principes
- Câblage « haut-débit »

Les Topologies LAN(1)

Il faut distinguer :

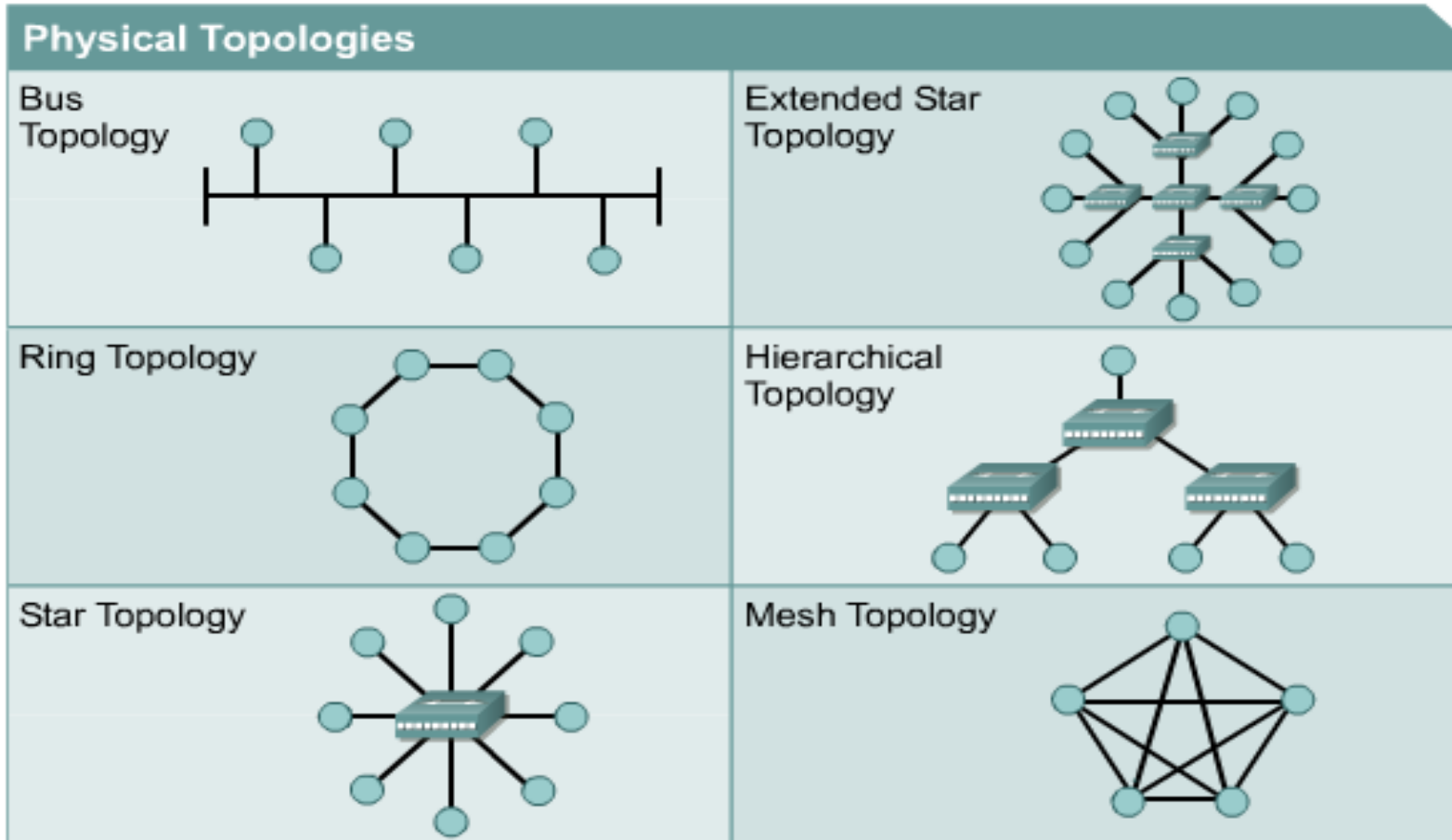
- Topologie physique qui présente
 - Des facilités intrinsèques (gainés, passage de câble),
 - Des contraintes (distances maximales imposées par les Support de Trx, type bâtiment)
- Topologie logique
 - Ce que le logiciel (protocole) laisse voir du réseau physique sous-jacent.
 - Possibilité de construire une architecture logique en anneau sur une topologie physique différente

Les Topologies LAN(2)

Trois topologies de base ont été normalisées:

- Bus: stations reliées directement au câble:
 - o Circuit ouvert: il faut des terminaisons ou bouchons
 - o Sur les cartes mettre des connecteurs en T
 - o Les stations émettent sur le bus, qui diffuse l'information
 - o Câbles: le coaxial
- Etoile: stations reliés par un concentrateurs(hub)
 - o Chaque station est relié directement au hub par un câble de liaison;
 - o Hub possède plusieurs ports(8, 16, 24, 32,...)
 - o Les informations sont diffusées par le hub
 - o Câbles: paire torsadée ou fibre optique
- Anneau : Les stations sont reliées entre elles selon un sens unique de transmission
 - o Entre chaque paire de stations un câble de liaison
 - o Un seul sens de transmission
 - o Câbles: paire torsadée ou fibre optique

Les Topologies LAN(3)



Les Topologies LAN(4)

Topologie	Avantages	Inconvénients
Bus	Economise la longueur du câble Support peu coûteux Simple et fiable Facile à étendre	Ralentissement du réseau lorsque le trafic est important Problèmes difficiles à isoler La coupure du câble peut affecter de nombreuses stations
Etoile	Administration centralisée La panne d'une station n'affecte pas le réseau La maintenance du réseau est facile et ne dérange pas le fonctionnement du réseau	Si le point central tombe en panne, le réseau est mis hors service La reconfiguration du réseau interrompt le fonctionnement de celui-ci
Anneau	Accès égal pour toutes les stations Performances régulières même si les utilisateurs sont nombreux	La panne d'un seul ordinateur peut affecter le reste du réseau Problème difficile à isoler

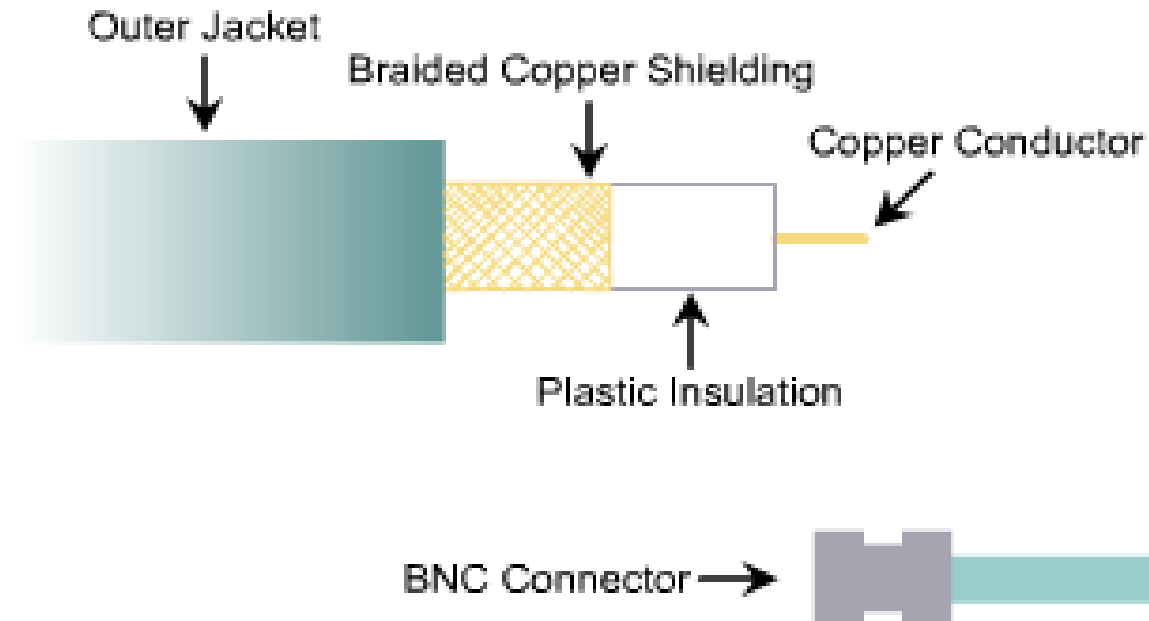
Supports(média)

- Il existe deux types de supports filaires:
 - Les supports à base de conducteur optiques : fibre optique
 - Les supports à base de conducteur électrique:
câble en cu
 - Câble symétrique
 - Conducteurs de même nature
 - Paire torsadée
 - Câble asymétrique
 - Conducteurs de nature différentes
 - Câble coaxial et twinaxial.

Câble asymétrique (1)

- Câble coaxial
 - un conducteur central (*âme*) entouré d'une gaine isolante en PVC
 - un conducteur externe concentrique (*tresse*).
 - 2 types:
 - à 75Ω : le CATV, avec dist max= 3600m
 - À 50Ω : le fin et l'épais
 - *Exemples* : Ethernet 10Base 2 et 10Base5
- Câble twinaxial
 - deux conducteurs centraux entourés d'une gaine isolante en PVC
 - un conducteur externe concentrique (*tresse*).
 - *Exemples* : Raccordement périphériques IBM AS400, Localtalk
 - ...

Câble asymétrique (2)



- Speed and throughput: 10 - 100 Mbps
- Average \$ per node: Inexpensive
- Media and connector size: Medium
- Maximum cable length: 500m

Câble symétrique

- La paire torsadée
 - Est constituée de deux conducteurs torsadés ensemble
 - Câble caractérisé par l'impédance en ohms (Ω)
 - Valeur caractéristique d'un milieu traversé par une onde électromagnétique (100 Ω , 120 Ω , 150 Ω)

Câble symétrique : Types et protections

- **Écrantage**

- *L'écrantage consiste à entourer l'ensemble des paires ou chacune des paires d'un même câble d'un film de polyester recouvert en aluminium.*

- **Blindage**

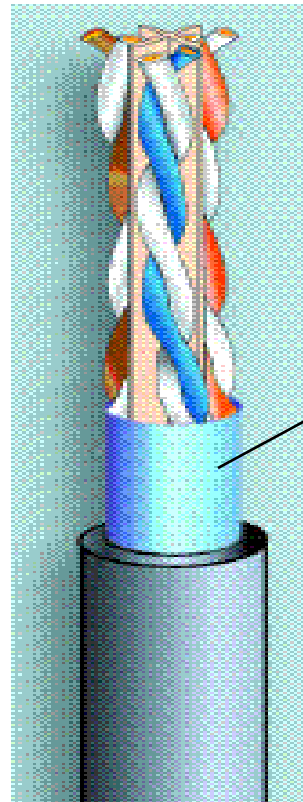
- *Le blindage consiste à entourer l'ensemble des paires d'une tresse métallique pour renforcer l'effet de l'écran.*

Câble symétrique : Exemples



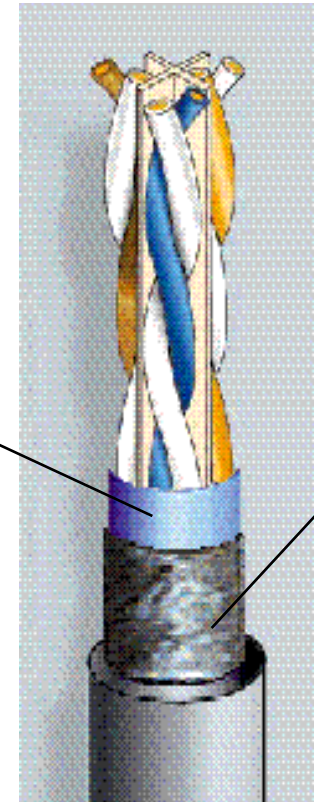
Paire
torsadée

UTP



écran

FTP



blindage

S-FTP

Câbles UTP : Catégories

- **Catégorie 1**

Fil téléphonique UTP traditionnel pouvant transmettre la voix mais pas des données. Avant 1983, la plupart des fils téléphoniques appartenaient à la catégorie 1 (qq 100Khz).

- **Catégorie 2**

Câble UTP. avec 1Mhz. . 4 paires torsadées.

- **Catégorie 3**

Câble UTP. avec 16 Mhz. 4 paires torsadées

- **Catégorie 4**

Câble UTP avec 20 Mhz. Mbps. 4 paires torsadées

- **Catégorie 5/ 5E**

Câble UTP avec 100/125Mhz. . 4 paires torsadées

- **Catégorie 6**

Câble UTP avec 250 Mhz. 4 paires torsadées.

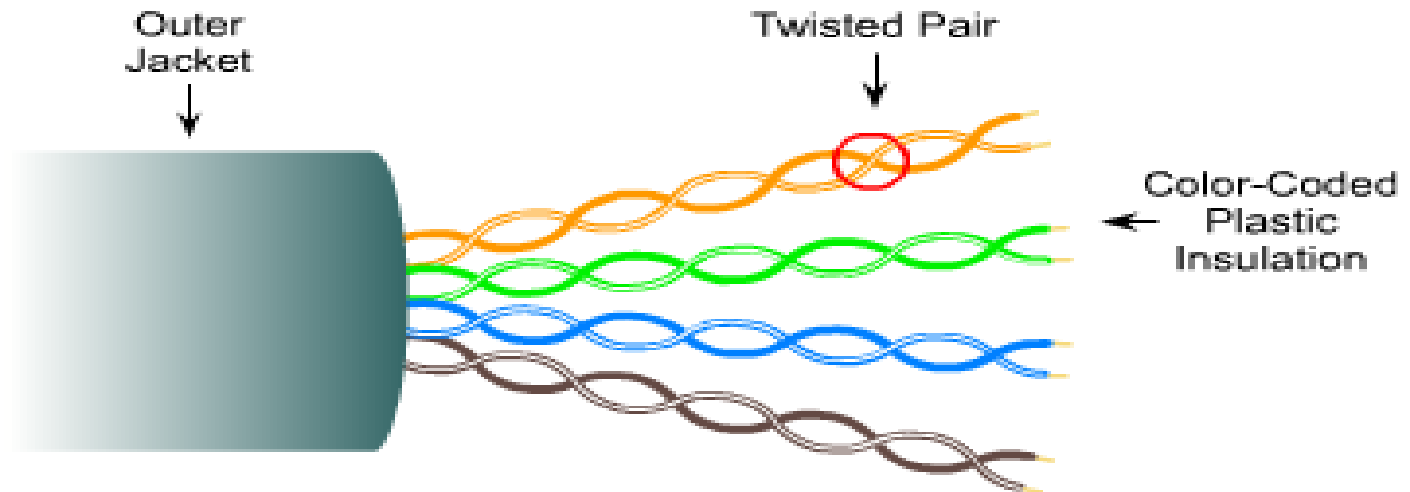
- **Catégorie 7**

Câble UTP avec 600 Mhz. 4 paires torsadées.

Câbles UTP : Catégories

ISO/IEC & Cenelec	Fréquence	Description	Application Typique
Catégorie 3 Classe C	Jusqu'à 16 MHz	100 Ohm UTP	10BaseT, IBM 3270, 3X, AS/400, ISDN, Téléphone Analogue
Catégorie 5 et 5e Classe D 1995 (D2000)	Jusqu'à 100 MHz	100 Ohm UTP et FTP	10BaseT, 100BaseT 155 Mbps ATM 1000BaseT
Catégorie 6 Classe E	Jusqu'à 200 MHz	100 Ohm UTP et FTP	1000BaseTX acc. EIA 854
Catégorie 7 Classe F	Jusqu'à 600 MHz	100 Ohm S-FTP	10Gb Classe F
150 Ohm STP	STP Type 1A Jusqu'à 300 MHz	150 Ohm STP	16 Mbps Token-Ring

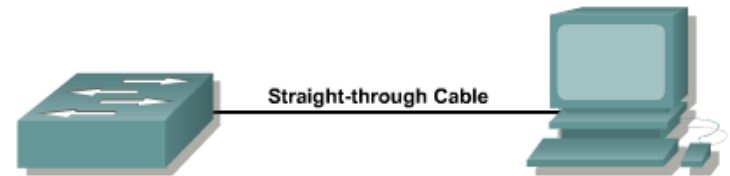
Câble UTP



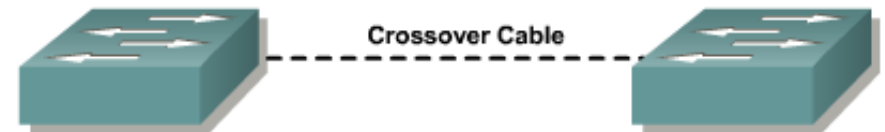
- Speed and throughput: 10 - 100 - 1000 Mbps (depending on the quality/category of cable)
- Average \$ per node: Least Expensive
- Media and connector size: Small
- Maximum cable length: 100m

Types de câbles de liaison

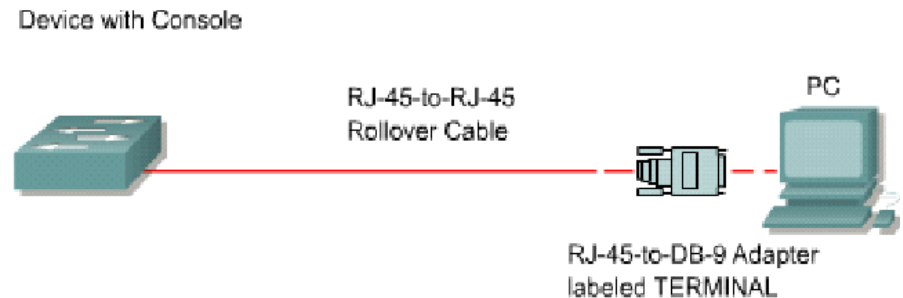
Câble droit: connecte les cartes de PC aux équipements réseau (ETTD vers ETCD)



Câble croisé : connecte les équipements communs: switch-switch, pc-pc, hub-switch; routeur-routeur (ETTD- ETTD ou ETCD- ETCD)



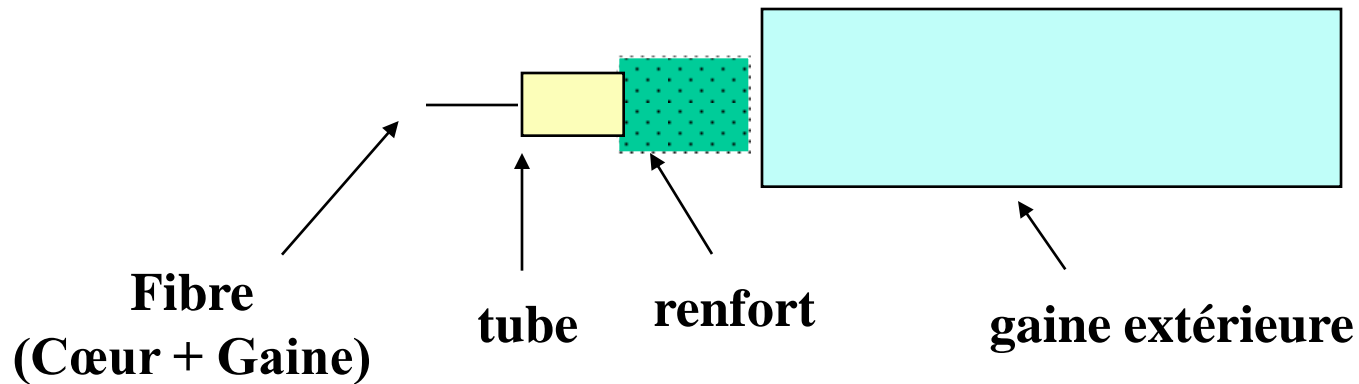
Câble console(complètement inversé): connecte les équipements switch, routeur au port console du PC



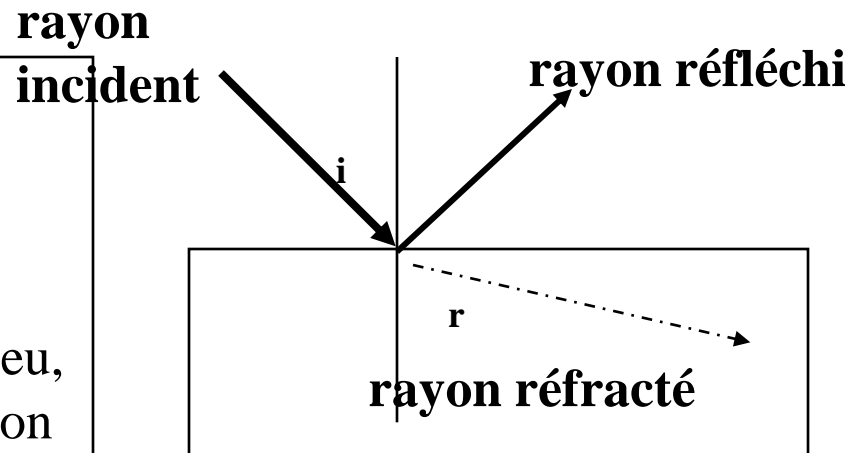
Fibre optique : Constitution

- **Cœur** : Milieu diélectrique intérieur (conducteur de lumière).
 - **Gaine** : Silice d'indice légèrement moins élevé que le cœur
 - **Revêtement** : Cœur + Gaine entouré d'un revêtement de plastique, pour fournir une protection mécanique. (évite principalement la cassure en cas de courbure).
- ➔ La densité d'information qu'elle peut supporter est plus grande que le câble de cuivre.

Schéma d'une fibre optique



Pour guider la lumière, la fibre optique comprend ainsi deux milieux : le cœur, dans lequel l'énergie lumineuse se trouve confinée, grâce à un second milieu, la gaine, dont l'indice de réfraction est plus faible.



Types de fibre optique

- Silice
 - La fibre optique à base de silice est actuellement la fibre la plus utilisée dans les réseaux locaux.
 - Deux types : **Monomode** - **Multimode**
 - Travaux importants sur le dopage et l'amplification optique
- Plastique
 - Coût faible, pour courte distance essentiellement (jarretière).
 - Concurrent du cuivre sur distances courtes ($\approx 100\text{m}$)
- Verre
 - Pas d'utilisation en réseau, atténuation très importante.

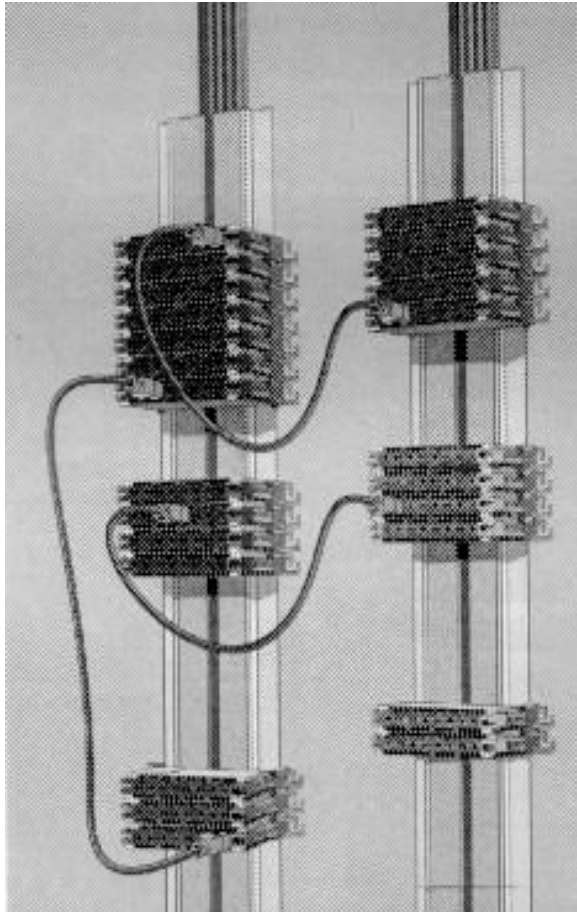
Principe du câblage

- Pré ou Post Câblage = Recherche d'économie financière (mélange téléphonie et informatique) et de facilité d'exploitation
 - Optimisation des coûts d'installation et d'exploitation
 - Á terme, le pré-câblage est + économique
 - Souplesse d'exploitation et sécurité
 - Pas d'intervention sur la partie fixe du câblage
 - Conformité aux normes internationales,
 - Offres supérieures aux normes dues à la forte évolution de la demande
 - Câbler pour l'avenir (10 à 15 ans).

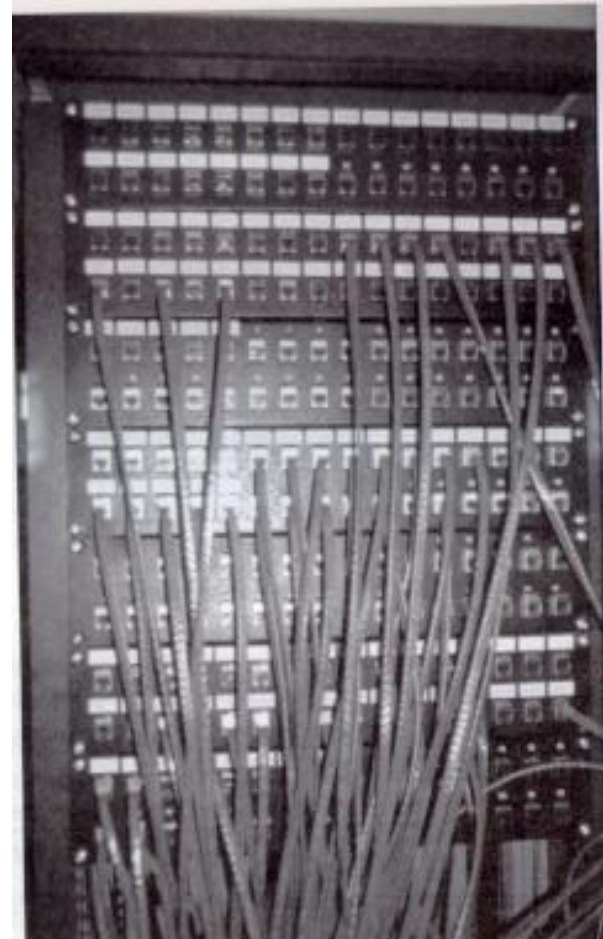
Principe du câblage

- Respect des règles de conception et d'installation,
- Répondre à l'ensemble des besoins des utilisateurs
 - Diversités des flux (numérique, analogique)
 - Diversités des protocoles (fréquences variables)
 - Évolutivité (clé de la durée de vie du câblage)
 - Performances (surdimensionnement des besoins en débit)
 - Mobilité (surdimensionnement des besoins en prise)

Répartiteur : Exemples



Ferme de brassage
Informatique ou téléphonique



Panneau de brassage
Bandeau de RJ 45

Chapitre III

Topologie logique

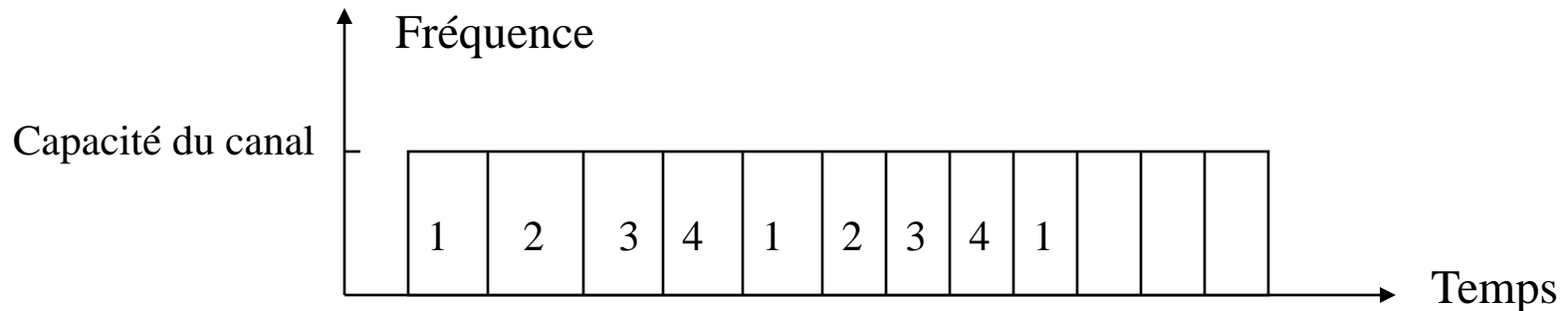
La couche MAC

- Le but du protocole de gestion d'accès au canal(MAC) est de régler les conflits qui peuvent se produire si on laisse les stations émettre sans aucune règle
- 2 familles de techniques d'accès ont été proposées:
 - Allocation statique
 - Allocation dynamique:
 - avec accès aléatoire
 - avec accès déterministe

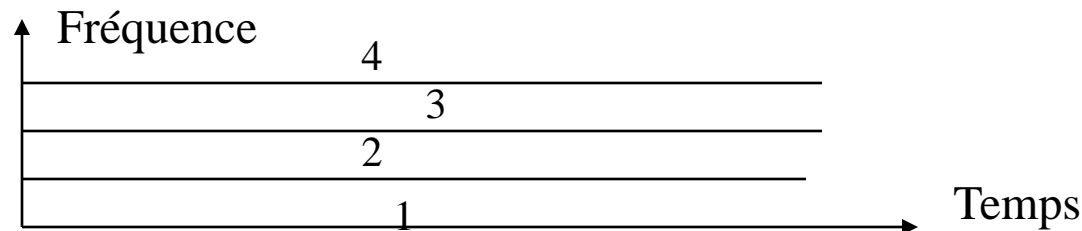
Allocation statique

La BP est partagée de manière statique entre les stations:

✓ TDMA(Time Division Multiple Access)



✓ FDMA(Frequency Division Multiple Access)



Allocation dynamique

- L'allocation de toute ou une partie de la BP à une station n'est effectuée qu'à la demande de celle-ci.
 - Une meilleure utilisation de la BP
 - Technique réellement utilisée dans les LAN
- Suivant la façon dont la sollicitation d'accès est gérée, on distingue 2 approches:
 - Aléatoire: le délai d'accès n'est pas borné
 - Déterministe: une seule station qui émet à la fois, le délai d'accès peut être borné.

Allocation dynamique aléatoire

- L'intégralité de la BP est disponible pour toutes les stations
- Libre accès à la transmission sur le support
- Conflit d'accès: collisions
- Il existe plusieurs méthodes:
 - Aloha
 - CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)
 - CSMA/CA (CSMA with Collision Avoidance)
 - Utilisée dans 802.11 (WiFi) et localtalk (Apple)
 - CSMA/CR (CSMA with Collision Resolution)
 - Utilisée dans RNIS

ALOHA [Abramson 70]

- Utilisée dans le réseau Hertzien à Hawaï (entre les îles)
- Principe:

Emetteur

- Station émet dès qu'elle a une information à envoyer
- Déclenchement d'1 timer et attente d'1 ACK
- Si aucune réponse:
 - Si nbre de tentatives de retransmission dépassé

Alors arrêter la transmission

- Sinon retransmission de l'information

Récepteur

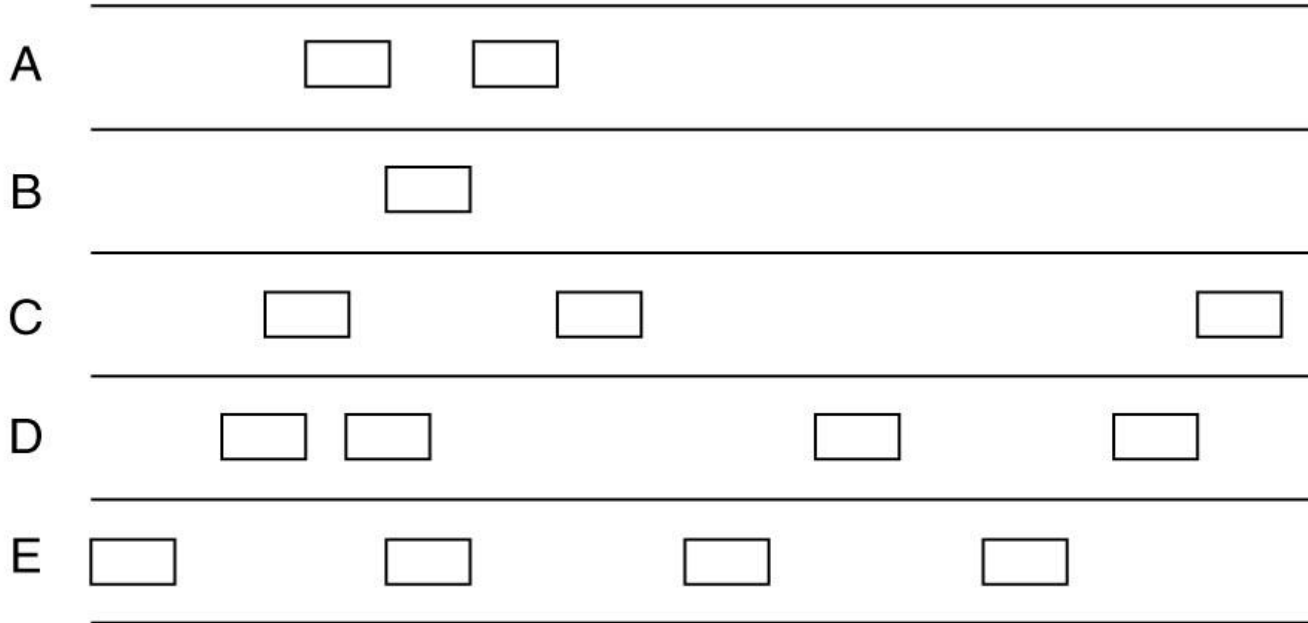
- Traitement de l'information
- Si trame correcte, envoi d'un ACK

ALOHA par tranches

- Inconvénient d'ALOHA: taux de collisions très élevé, trop de retransmission. Les stations peuvent émettre à tout moment.
- Amélioration de la méthode ALOHA
- Découpage de l'échelle de temps en tranches de temps
- Emission autorisée uniquement au début de tranche.

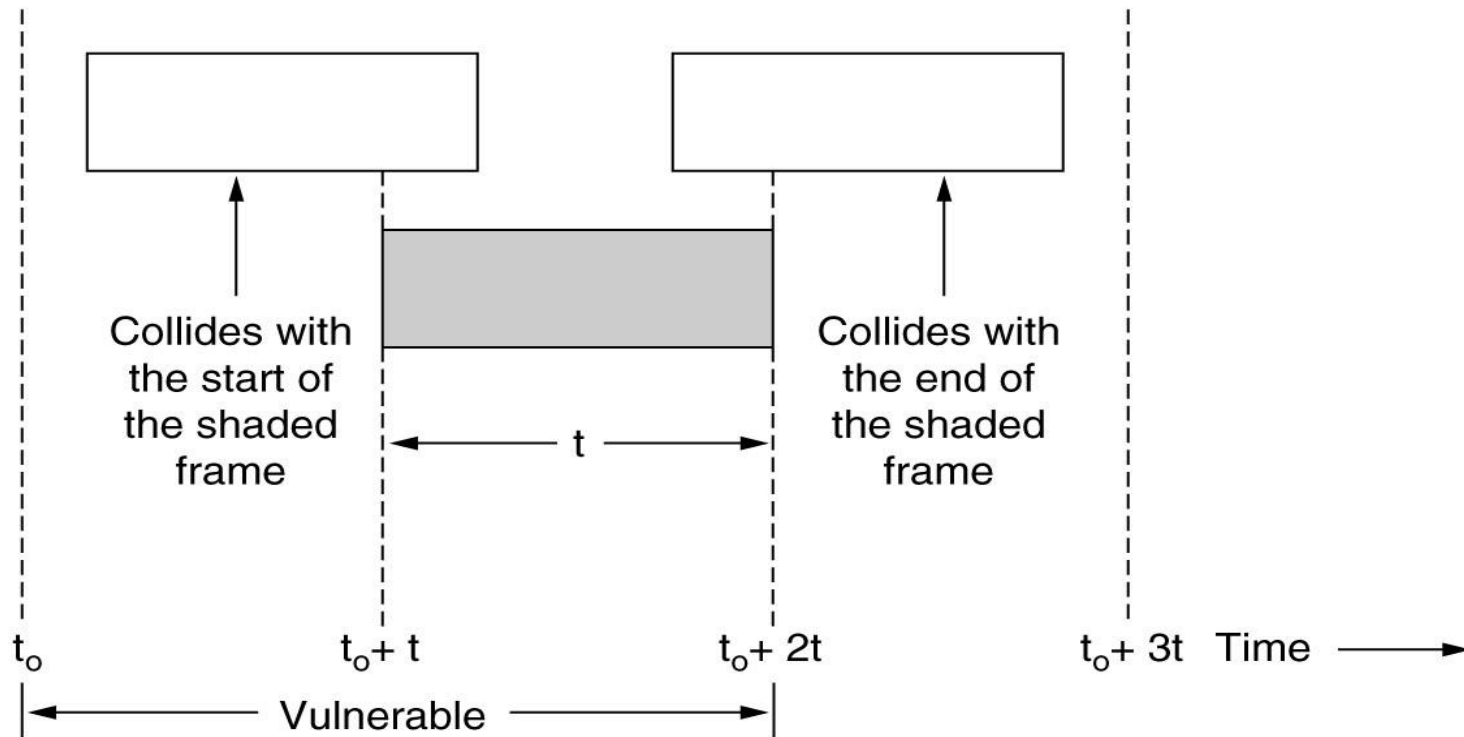
ALOHA : envoie des trames

User



Time →

ALOHA : période de vulnérabilité



CSMA(1)

- Principe:

- Le temps d'émission d'une trame $>$ temps de propagation
- Alors toute émission de trame peut être détectée par toutes les stations quasi instantanément.
- D'où écoute préalable du canal

Emetteur

Ecoute du canal avant l'envoi

Si canal libre

Alors transmission de la trame

Sinon reporter la transmission

Récepteur

- Traitement de l'information reçue
- Si trame correcte, envoi d'un ACK

CSMA(2)

- Variantes lors du report de la transmission
 - CSMA non- persistant
 - Attente pdt un délai aléatoire avant de retransmettre
 - CSMA persistant
 - Prolongation de l'écoute du canal jusqu'à ce qu'il soit libre
 - Implémenté dans les LAN
 - Avec détection d'une collision par la station émettrice
 - Avec prévention de collision, gestion des priorités
 - CSMA p-persistent
 - Probabilité p (envoi) et $(1-p)$ (attente)

CSMA/CD

- Principe:
 - Après émission, la station continue d'écouter le canal
 - Temps d'émission de la trame $\geq 2 \times$ temps de propagation (aller-retour)
 - Utilisée dans Ethernet et normalisée: IEEE 802.3

Emetteur

- Ecoute du canal avant l'envoi

- Si canal libre

Alors transmission de la trame et écoute simultanée du canal

Si collision détectée Alors

- arrêt immédiat de la transmission et alerte des autres stations

- retransmission après un temps calculé

- Sinon reporter la transmission

Récepteur

- Traitement de l'information reçue

CSMA/CA

- Même principe que CSMA/CD
- A la fin d'une transmission, une station doit attendre un délai avant de transmettre à nouveau
- Ce délai dépend de la position de la station dans une liste de file d'attente logique(priority)
- Non normalisée, utilisée dans AppleTalk, LAN sans fils

Allocation dynamique déterministe

- L'intégralité de la BP est disponible pour toutes les stations
- Permission d'accès à la transmission sur le support
- Une seule station transmet à la fois; complexité de gestion de la permission d'accès.
- 2 méthodes:
 - Accès par polling (scrutation)
 - centralisée (*Roll-call polling*)
 - Répartie (*Hub polling*)
 - Accès par jeton.

Roll-call polling

- *station primaire*
 - *interroge successivement chacune des stations secondaires*
 - *envoi d'une trame de poll.*
- *station interrogée*
 - *répond par une trame*
 - *acquiescement négatif si rien à envoyer*
 - *données dans le cas contraire*

Hub polling

- *Station primaire : démarre un cycle*
 - *trame de poll à la station secondaire la plus éloignée*
 - *Si données à envoyer au primaire*
 - *envoie des données à la station primaire*
 - *envoie une trame de poll à la station secondaire suivante*
 - *Dans le cas contraire*
 - *envoie la trame de poll à la station secondaire suivante*
 - *dernière station envoie une trame de poll au primaire*
 - *démarre un nouveau cycle.*

Allocation avec jeton

- Permission d'accès au moyen d'une trame spéciale : le jeton
- Seule la station qui détient le jeton peut émettre
- Le jeton doit être passé à la station suivante selon 2 façons:
 - jeton non adressé sur anneau
 - Un seul sens de transmission, topologie anneau
 - Une station émet le jeton ou la trame à la station suivante
 - Gestion de l'anneau: centralisée ou distribuée
 - Jeton adressé sur bus
 - Pas de sens de transmission
 - Diffusion de l'information sur le support
 - Anneau logique

Jeton non adressé sur anneau

- Principe:
 - Le jeton circule librement sur l'anneau
 - Emetteur
 - Acquérir le jeton
 - Transmission de la trame
 - Attente du retour de la trame pour la retirer de l'anneau
 - Libérer le jeton
 - Récepteur
 - Vérifie si l'information lui est destinée
 - Si oui la copier et positionner les bits A et C
 - Retransmettre l'information sur l'anneau
 - Token Ring (802.5), FDDI(Fiber Distributed Data Interface 802.8)

Jeton adressé sur bus

- Principe:
 - Le jeton passe d'une station à l'autre selon un ordre bien défini(liste ordonnée des stations)
 - Emetteur
 - Gestion des @ des stations (prédécesseur, successeur)
 - Attente de la possession du jeton du prédecesseur
 - Transmission de la trame sur le bus
 - Envoyer le jeton au successeur
 - Récepteur
 - Vérifie si l'information lui est destinée
 - Si oui la copier
 - Token bus (IEEE 802.4)

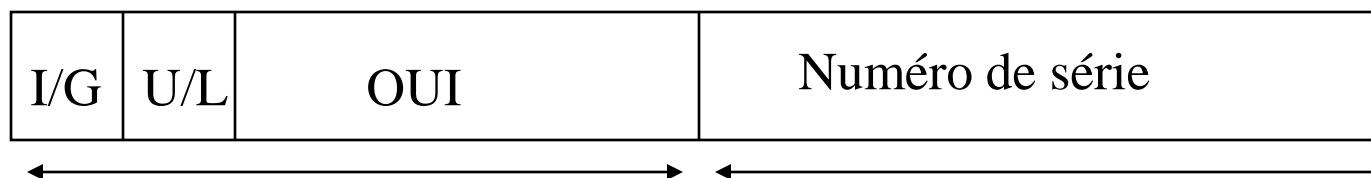
Adressage MAC(1)

Comment reconnaître une station particulière sur le support?

- Chaque station doit avoir une @, qui lui est propre
- Cette @ doit être incluse dans la trame (champs: DA et SA de la trame)
- Les stations examinent les @ dans les trames et copient la trame portant leur adresse
- Les trames sont physiquement diffusées, ce qui permet d'avoir des destinations multiples

Adressage MAC(2)

- Le comité IEEE 802.1 a défini un format d'adressage commun à tous les protocoles LAN
- Les adresses sont plates (pas de hiérarchie)



- $1(\text{I/G}) + 1(\text{U/L}) + 22(\text{constructeur}) + 24(\text{coupleur})$
- Le bit I/G indique:
 - 0: @ d'une station unique (unicast)
 - 1: @ de groupe (multicast ou broadcast)
 - multicast (01-00-5E-00-00-00 → 01-00-5E-7F-FF-FF)
 - Si tous les bits sont à 1, @ de diffusion à toutes les stations (broadcast)

Adressage MAC(2)

- Adresse Broadcast: FF:FF:FF:FF:FF:FF
- Adresse Multicast: le premier bit d'adresse transmis est égal à 1 (le premier octet de l'adresse est impair) :
 - 09:00:2B:00:00:0F, 09:00:2B:01:00:00
- Adresse individuelle : comprend le premier bit transmis à 0 (premier octet d'adresse pair) :
 - 08:00:20:09:E3:D8 ou 00:01:23:09:E3:D5
- syntaxe : @ sur 48 bits ou 6 octets:
 - 08:00:20:09:E3:D8 (notation IEEE ou canonique)
 - ou 08-00-20-09-E3-D8 ou 08002009E3D8

Adressage MAC(3)

- Le bit U/L indique:
 - 1: @ administrée localement (@ relative)
Gérée localement par l'administrateur réseau pour optimiser le plan d'adressage
 - 0: @ administrée globalement (@ absolue unique)
- OUI(Organizationaly Unique Identifier): numéro affecté par l'IEEE aux constructeurs de cartes réseau
- Numéro de série: identificateur complété par le constructeur pour distinguer ses cartes
- EXP: 00 00 0C: cisco; 08 00 09: HP

Adressage MAC(3)

une adresse de station individuelle est administrée soit localement soit globalement :

- localement : adresse significative pour le réseau sur lequel elle est connectée; le second bit d'adresse transmis est égal à 1 : le premier octet de l'adresse est égal à 02, 03, 06, 07, 0A, 0B, 0E, 0F, 12, etc.
- globalement : cette adresse est dite universelle et est attribuée par l'organisme IEEE; le second bit d'adresse transmis est égal à 0 : le premier octet de l'adresse est égal à : 00, 01, 04, 05, 08, 09, 0C, 0D, 10, etc.

Adresses MAC des constructeurs

- 00000C : CISCO
- 00000F : NEXT
- 00007D : CRAY RESEARCH SUPERSERVERS
- 0000AC : APOLLO
- 0000F4 : ALLIED TELESIS, Inc
- 008024 : KALPANA
- 00802D : XYLOGICS, Inc
- 0080C7 : XIRCOM, Inc
- 00AA00 : INTEL
- 080007 : APPLE
- 080020 : SUN
- 08005A : IBM
- 080079 : SILICON GRAPHICS
- 1000D4 : DEC
- 00001B : NOVELL

La LLC IEEE 802.2(1)

- Le but de la LLC est de fournir une garantie de livraison des trames, la détection et la reprise sur erreurs.
 - La Sous couche LLC est commune aux protocoles MAC (norme 802.2) et conforme à la couche 2 de l'OSI.
- < alors que la sous couche MAC est spécifique à un type de LAN >
- Dérivée de HDLC
 - Propose 3 niveaux de service:
 - LLC1: service sans connexion et sans acquittement
 - LLC2: service avec connexion et avec acquittement
 - LLC3: service sans connexion et avec acquittement

La LLC IEEE 802.2(2)

- Offre l'interface d'accès à la couche liaison
 - Primitives sans connexion:
 - L.DATA.request()
 - L.DATA.Indication()
 - Primitives avec connexion:
 - L.connect.request/indication/response/confirm()
 - L.data.request/indication()
 - L.disconnect.request/indication()
 - L.reset.request/indication/response/confirm()
 - L.flow_control.request/indication()