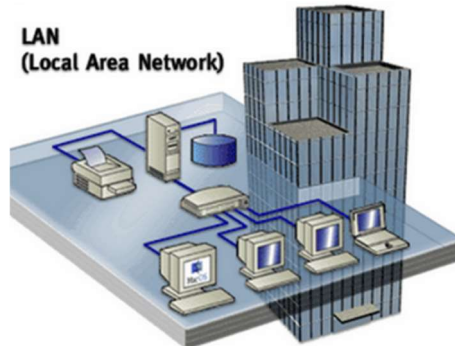


CHAPITRE 06

LES RESEAUX LOCAUX (LAN)



But du chapitre

A la fin de ce chapitre, l'étudiant sera en mesure de connaître :

- La normalisation des réseaux LAN (couche physique et liaison).
- La division des fonctionnalités de la couche liaison en des fonctionnalités de :
 - Contrôle d'accès au support partagé (la sous couche MAC).
 - Gestion de la liaison logique entre deux équipements (la sous couche LLC).
- Les différentes politiques d'accès multiple au support.
- Le fonctionnement de la méthode CSMA/CD.
- Les différents modes de fonctionnement de la sous couche LLC (LLC1, LLC2 et LLC3).
- La technologie Ethernet.

1 Introduction

Une fois qu'on a compris les fonctionnalités des deux premières couches du modèle OSI, à savoir la couche physique et liaison, on est maintenant en mesure de comprendre comment fonctionne un réseau locale LAN, vu qu'il implémente justement les deux premières couches. Dans ce chapitre, nous allons étudier la plus petite forme de réseau qui est l'unité de constitution de tous les réseaux qui existent, à savoir les réseaux locaux.

Dans un premier lieu, nous présentons d'une façon générale quelques concepts (normalisation, topologie, etc.) dans le cas des réseaux locaux. Ensuite, nous nous focalisons sur les différentes fonctionnalités assurées par la couche liaison dans le cas des LAN, à savoir l'accès au support de transmission et le contrôle de la liaison. En fin, nous prenons en détail le cas d'une technologie LAN qui existe, et pour cela nous choisissons la plus répandue qui est la technologie Ethernet.

2 LAN – Local Area Network

Un réseau LAN représente un réseau sous sa forme *la plus simple*. Il relie des stations de travail, des terminaux, etc. à l'aide d'un support de transmission filaire ou sans fil sur une zone géographique limitée (quelques Km) ; une salle informatique, un immeuble, etc. il a les caractéristiques suivantes :

- Il utilise, souvent, la même technologie dont la plus répandue est *Ethernet*.
- Il est au cœur de tous les réseaux car :
 - La plupart des hôtes sont directement sur des LAN.
 - La plus grande partie du trafic sur Internet débute et aboutit sur des LAN.
- Ses terminaux s'envoient des *trames* au niveau de la *couche liaison*.
- Il a une vitesse de transmission très rapide (haut débit).

3 Topologies des réseaux LAN

La topologie d'un réseau définit sa structure. Il existe deux sortes de topologies :

- *La topologie physique* : elle définit la disposition des médias *i.e.* la façon dont les ordinateurs sont interconnectés physiquement : anneau, bus, étoile, etc.
- *La topologie logique* : elle désigne la méthode de fonctionnement, c'est-à-dire la méthode de communication entre équipements. La topologie logique est réalisée par un *protocole d'accès*. Ce protocole détermine les règles d'accès aux supports.

Pour les réseaux locaux, le choix de la technologie LAN détermine la topologie physique et logique du réseau.

En effet, si on choisit par exemple de mettre en œuvre un réseau :

- Ethernet → Topologie physique : Etoile. Topologie logique : Bus.
- Token Ring → Topologie physique : Bus. Topologie logique : Anneau.

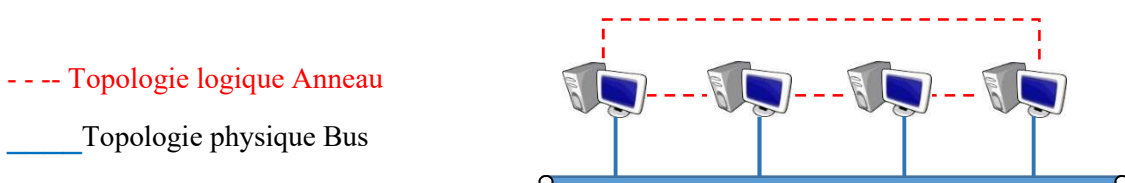
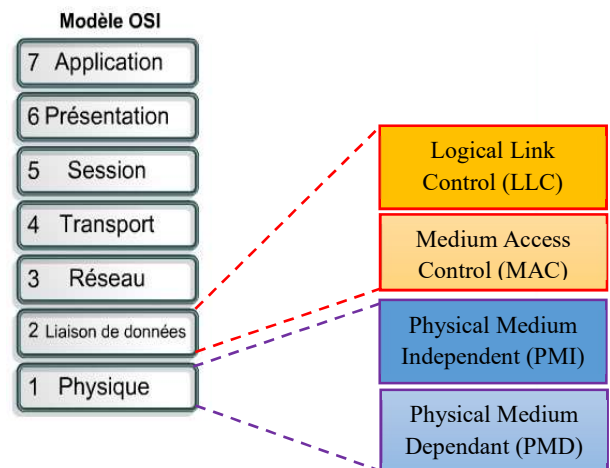


Figure 67. Topologie physique et logique d'un réseau Token Ring.

4 Normalisation des réseaux LAN

Les réseaux locaux couvrent les deux premières couches du modèle OSI (les couches physique et liaison). Chacune des couches est divisées en deux sous couches :

- La couche physique :
 - **PMI** : Physical Medium Independent.
 - **PMD** : Physical Medium Dependant.
- La couche liaison :
 - **LLC** : Logical Link Control
 - **MAC** : Medium Access Control



Dans ce qui suit, nous considérons seulement la couche liaison, et nous détaillons les différentes tâches assurées par les sous couches MAC et LLC.

5 MAC - Medium Access Control

La principale fonction de la sous-couche MAC est de gérer le contrôle d'accès au médium physique, souvent dans le cas d'une liaison multipoint. Pour cela, elle implémente des algorithmes qui déterminent qui a le droit d'émettre sur le médium partagé. On dit qu'elle détermine la méthode d'accès au support.

Plusieurs politiques d'accès existent, mais dans la suite nous détaillons la méthode CSMA/CD utilisée par les réseaux Ethernet.

5.1 Méthodes d'accès multiple

Plusieurs classifications des méthodes d'accès sont possibles. En général, ces classifications prennent en considération :

- Si le support (le canal de transmission) est divisé entre les différentes stations ou non.
- Si l'accès aléatoire est toléré avec une gestion de problème de collision, ou l'accès est déterministe.
- Si le contrôle d'accès est géré par une seule station primaire supérieure ou c'est toute les stations qui participent au contrôle d'accès (contrôle distribué).

Considérons le cas où l'accès aléatoire est autorisé ou non, on a la classification suivante :

- *Méthodes déterministes* : accès sans conflit.
- *Méthodes à compétition* : accès avec conflit à gérer.
- *Méthodes mixtes* : un hybride des méthodes déterministes et à compétition.

5.1.1 Méthodes déterministes

Dans les méthodes déterministes, il n'y a pas de conflit d'accès et chacune des machines bénéficie de l'accès à tour de rôle. Comme exemple de méthodes déterministes, on peut citer :

- *TDMA (Time Division Method Access).*

Cette méthode assure un accès multiple dans le temps. Elle consiste à découper équitablement le temps en périodes qui seront attribuées cycliquement aux stations.

- *Conteneur (Slot).*

La méthode avec conteneur consiste à faire circuler sur le réseau un conteneur de taille finie. Ce conteneur contient un bit d'en-tête qui indique son occupation, s'il est vide une station peut le remplir au vol, et la station destinataire le vide.

- *Jeton (Token).*

- Fonctionnement proche de la méthode avec conteneur. La méthode avec jeton fait passer un jeton d'une station à une autre de manière séquentielle. Lorsqu'une station reçoit le jeton, cela signifie qu'elle peut transmettre. Si elle a des données à émettre donc :

- 1) Elle saisit le jeton.
- 2) Elle émet les données pendant un temps limité.
- 3) Elle transmet le jeton à l'hôte suivant.

N.B. Les méthodes déterministes sont utilisées par des réseaux de type Token Ring et FDDI, qui ont un environnement sans collision (un seul hôte peut transmettre à la fois).

5.1.2 Méthodes à compétition

Ce sont les méthodes dites non déterministes. Chacune des machines est libre d'accéder au support, mais étant donné que le support est partagé, l'accès simultané provoque un problème qu'il faut gérer. Dans ce type de méthodes :

- Chaque station essaie de prendre le contrôle de la liaison indépendamment des autres stations.
- Chaque station envoie ses données à toutes les autres stations du même réseau.
- S'il y a deux stations qui envoient en même temps, donc il y aura un problème de collision qu'il soit réglé en exécutant un mécanisme bien défini.
- La technique la plus utilisée pour gérer l'accès à compétition dans les réseaux filaires est CSMA/CD (voir ci-dessous).

5.1.3 Méthodes mixtes

Dans les méthodes hybrides, le démarrage est en compétition puis une résolution déterministe est adoptée. Par exemple : CSMA/DCR (Carrier Sense Method Access/Determinist Collision Resolution).

5.2 Méthode CSMA/CD

La méthode CSMA/CD, pour *Carrier Sens Method Access/Collision Detection* est la méthode de détection de collision dans les réseaux filaire avec une transmission Half duplex. Elle est basée sur le principe du « premier arrivé, premier servi ».

5.2.1 Principe de fonctionnement

Selon CSMA/CD, la station qui veut transmettre guette l'absence de signal sur le média, puis transmet. S'il se trouve que deux stations ont transmis simultanément, une collision se produira. Dans ce cas, les deux stations arrêtent la transmission et attendent un temps aléatoire (appelé *Backoff*) avant de reprendre.

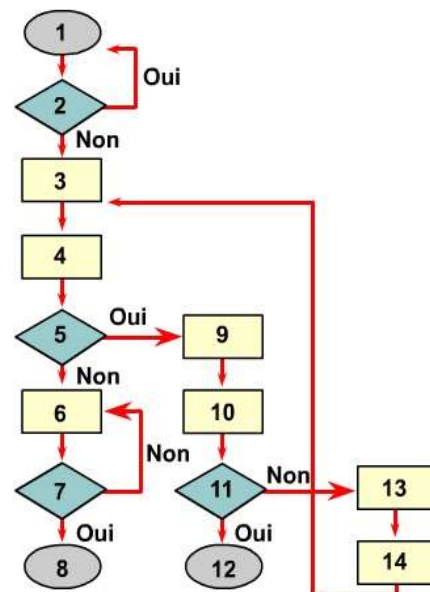
Les étapes peuvent être résumées ainsi :

- 1) La station qui souhaite transmettre des données fait l'écoute de la porteuse pour s'assurer que le média réseau est libre.
- 2) Si le réseau est occupé, elle attendra une durée aléatoire avant de réessayer.
- 3) Sinon, elle commence la transmission et l'écoute pour s'assurer qu'aucune autre station ne transmet en même temps.
- 4) Si l'amplitude du signal augmente sur le média, donc une collision s'est produite.
- 5) Lorsqu'une collision est détectée, chaque station émettrice continue à transmettre pendant une courte période (signal de bourrage sur 32 bits) pour signaler la collision à toutes les stations.
- 6) Une fois la collision est détectée par toutes les stations, la transmission s'arrête et l'algorithme de réémission temporisée est appelé.
- 7) Chaque station attend pendant un délai aléatoire (Back off) déterminée par l'algorithme de réémission.
- 8) À l'expiration du délai, chaque station peut tenter d'accéder à nouveau au média réseau

N.B. Pendant la transmission, l'émetteur continue à écouter le canal car la collision se manifeste par une différence entre le signal transmis et le signal vu sur le canal.

L'organigramme suivant montre le déroulement du processus de transmission selon CSMA/CD :

- 1) L'hôte veut transmettre.
- 2) La porteuse est-elle détectée ?
- 3) La mise en trame
- 4) Début de la transmission
- 5) Une collision est-elle détectée ?
- 6) Poursuite de la transmission
- 7) La transmission est-elle terminée ?
- 8) Transmission terminée
- 9) Signal d'un bourrage de broadcast
- 10) Tentatives = Tentatives+1.
- 11) Tentatives > trop nombreuses ?
- 12) Trop de collisions → abandon de la transmission.
- 13) Calcul du Back off (réémission temporisée).
- 14) Attente pendant t microsecondes.



5.2.2 Exemple applicatif

Considérons la Figure 65, ceci est un scénario possible de transmission :

- Les deux stations 1 et 2 écoutent pour s'assurer que le canal est libre.
- La station 1 transmet une grande partie de données, et avant que le signal n'atteigne la station 2, elle aussi commence sa transmission.
- La station 2 envoie plusieurs bits avant qu'elle détecte la collision.
- Une fois qu'elle détecte la collision, la station 2 arrête immédiatement la transmission en cours, et émet un signal de bourrage de 32 bits (constitué de n'importe quelles données binaires).
- La collision retourne à la station 1, qui à son tour, arrête sa transmission et émet le signal de bourrage.
- Les données de bourrage forment des trames erronées qui peuvent échouer à la fois au :
 - Test de longueur minimale (elles ont une longueur inférieure à 64 octets).
 - Test de somme de contrôle FCS.

Ce qui permet aux autres stations non émettrices (ex. les stations destinataires) de savoir qu'il y a une collision et ainsi rejettent la trame.

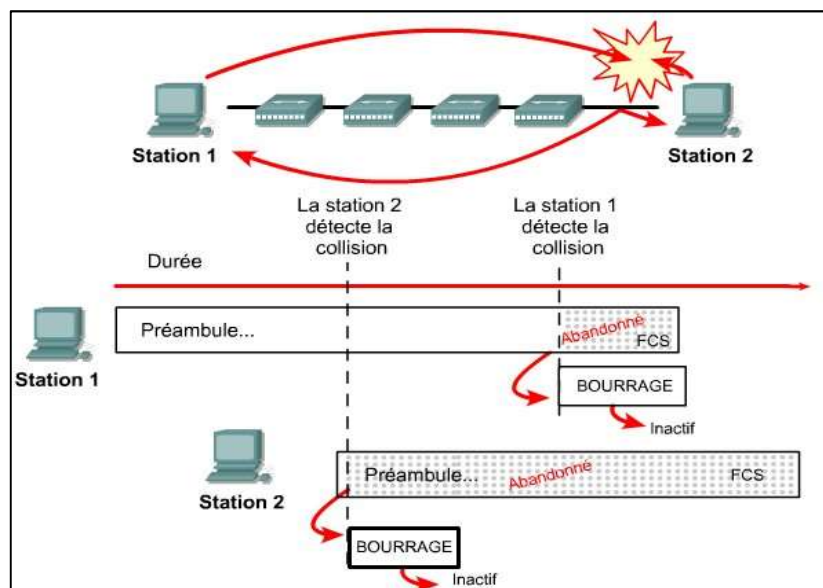


Figure 68. Exemple de collision pendant la transmission.

5.2.3 Domaine de collision

Le domaine de collision est l'ensemble de stations d'un réseau LAN dont les transmissions peuvent entrer en collision. Les stations du même domaine de collision voient le trafic de données. Un problème dans une partie du domaine de collision influe tout le domaine.

5.2.3.1 Longueur du domaine de collision selon CSMA/CD

Pour que CSMA/CD fonctionne, la station émettrice doit avoir connaissance d'une collision avant d'avoir terminé la transmission d'une trame de taille minimum. Ainsi, la durée théorique requise est égale au temps pour aller jusqu'aux points les plus éloignés du domaine de collision, entrer en collision avec une autre

transmission au dernier moment possible, ensuite retourner les fragments de collision à la station émettrice et les détecter. Donc :

Le temps d'aller-retour (RTT) < Le temps de transmission.

La taille minimale d'une trame Ethernet est de 64 octets = 512 bits. Donc la longueur du domaine de collision doit être égale à la distance parcourue par le signal en un temps moins du temps de transmission de 512 bits.

Exemple. Soit un réseau Ethernet de 10Mb/s où la vitesse de propagation du signal est environ de 200000Km/s. Quelle est la longueur du domaine de collision pour ce réseau ?

Réponse. La taille minimale d'une trame est 512 bits, et on a le débit = 10 Mb/s, donc :

$$T_t = Q/D = 512/10^7 = 51,2 \mu s$$

Pour que CSMA/CD fonctionne il faut que : Le temps d'aller-retour maximal < 51,2 μs

$$\rightarrow (2 \cdot L) / 200000000 < 51,2 \mu s \rightarrow L < 5 \text{ Km.}$$

La longueur maximale du réseau ne doit pas dépasser 5 Km.

6 LLC - Logical Link Control

Le rôle principal de la sous-couche LLC est de transformer la liaison physique de transmission en un canal exempté d'erreurs de transmission, pour ce faire :

- Elle assure le contrôle d'erreur.
- Elle s'occupe de la transmission des acquittements et de la retransmission des trames erronées.
- Elle élimine les trames en cas de duplicata.
- Elle gère le contrôle de la vitesse d'émission.

La couche LLC fait une adaptation du protocole HDLC. Elle représente un sous ensemble des fonctionnalités de ce protocole avec la possibilité d'utiliser trois modes : LLC1, LLC2, LLC3.

- ***LLC1 (unacknowledged connectionless service)***

C'est le mode de HDLC le plus utilisé (il est utilisé dans les réseaux Ethernet). Il est souvent appelé LLC. Il fait une transmission de données : sans connexion, sans acquittement, et sans contrôle de l'ordre des trames. Ce mode tient compte du faible taux d'erreur du support physique. Pour cela il supprime les trames erronées et leur retransmission sera initiée par les couches supérieures (la fiabilité est assurée au niveau supérieure ; à la couche 4).

- ***LLC2***

Dans ce mode le service est orienté connexion (mode connecté). Ainsi, le service fiable est réalisé à la couche 2 au lieu des couches supérieures comme dans LLC1. Pour cela il assure :

- L'utilisation d'acquittements.
- La retransmission de trames erronées.
- L'élimination de trames dupliquées.
- Le contrôle de l'ordre des trames.

- ***LLC3***

Ce mode assure un service sans connexion (mode non connecté), avec utilisation d’acquittement. Il assure aussi le contrôle de flux.

Notez que la couche LLC masque l’hétérogénéité des méthodes d’accès aux couches supérieures. Elle joue le rôle d’interface pour les couches supérieures, et assure une transparence dans la gestion d’accès au support du réseau.

7 Quelques normes du niveau liaison

Selon la méthode d’accès au medium, les deux technologies LAN répandues sont :

- *Ethernet* – elle utilise une topologie logique en bus et une topologie physique en étoile ou en étoile étendue (câblage en étoile).
- *Token Ring* – elle utilise une topologie logique en anneau et une topologie physique en étoile.

LLC, IEEE 802.2			
MAC			
IEEE 802.3 CSMA/CD Ethernet	IEEE 802.4 Token bus	IEEE 802.5 Token ring	ANSI X3.139 Fiber Distributed Data Interface

Figure 69. Différentes normes de niveau liaison.

8 Technologie Ethernet

C’est une famille de technologie LAN, elle a les caractéristiques suivantes :

- Elle est normalisée en 1981 comme IEEE 802.3 et en 1989 comme ISO8802-3.
- Elle comporte deux variantes : Ethernet-II et IEEE 802.3.
- C’est la technologie LAN la plus importante.
- Elle est adaptée à la technologie des médias à fibre.
- Elle utilise la méthode d’accès CSMA/CD.

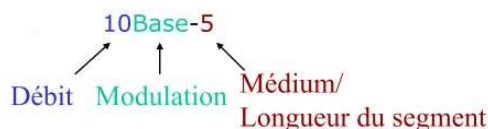
Les différentes version d’Ethernet sont Ethernet, Fast Ethernet et Gigabit Ethernet, de débit (vitesse) respectives : 10 Mb/s, 100 Mb/s et 1 Gb/s (jusqu’à 10 Gb/s).

8.1 Nommage des technologies Ethernet

Un nom d’une norme Ethernet comporte généralement les éléments suivants :

- Un nombre au début du nom indiquant le débit (Mbits/s).
- Suivi des lettres indiquant la signalisation utilisée (généralement c’est la bande de base).
- Suivi d’une ou plusieurs lettres alphanumériques caractérisant le média utilisé

Exemple :



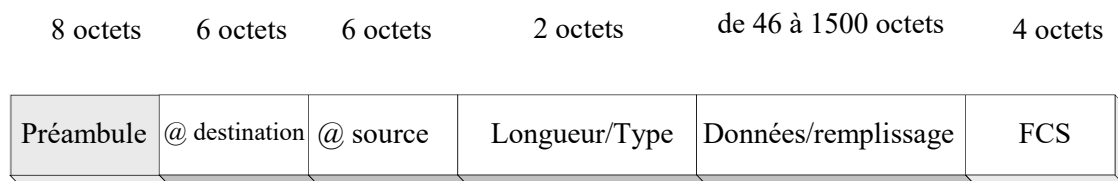
Le tableau suivant présente les différents nommages possibles :

Type	Débit	Codage	Longueur max. d'un segment	Média	Topologie
10Base-5	10 Mb/s	Bande de base	500 m	Câble coax. épais	Bus
10Base-2	10 Mb/s	Bande de base	185 m	Câble coax. fin	Bus
10Base-T	10 Mb/s	Bande de base	100 m	UTP cat. 3, 2 paires	Étoile
100Base-TX	100 Mb/s	Bande de base	100 m	UTP cat. 5, 2 paires	Étoile
100Base-FX	100 Mb/s	Bande de base	2000 m	2 fibres multimodes	Étoile
1000Base-T	1 Gb/s	Bande de base	100 m	UTP cat. 5 e, 4 paires	Étoile
1000Base-X (plusieurs normes)	1 Gb/s	Bande de base	275-5000 m	2 fibres optiques	Étoile

Figure 70. Différents types de la technologie Ethernet.

8.2 Trame Ethernet

La trame Ethernet a la structure suivante :



- **Le préambule.** Une succession de 1 et 0 (10101011) pour définir la synchronisation (Ethernet $\leq$ 10 Mb/s). Il sert de délimiteur de début de trame.
- **L'adresse de destination.** C'est l'adresse MAC de destination. Elle peut être une adresse d'unicast, multicast ou de broadcast.
- **L'adresse source.** C'est l'adresse MAC du nœud qui a transmis la trame.
- **La longueur/type.** Ce champ dépend du type d'Ethernet, à savoir Ethernet I ou II :
 - Dans le cas d'Ethernet I, ceci est un champ « longueur » qui indique le nombre d'octets de données qui suit ce champ.
 - Dans le cas d'Ethernet II, ceci est un champ « type » qui précise le protocole de couche supérieure qui va recevoir les données contenues dans le champs « Données ».
- **Données / Remplissage.** Le champ « Données » représente l'unité de transfert d'informations maximale (MTU). Il a une Longueur variable qui ne dépasse pas 1500 octets. Ce champ contient les des couches supérieures ou, le cas échéant, des données de remplissage (voir TD pour plus de détail).
- **La séquence de contrôle (FCS).** Ce champ contient les données de contrôle d'erreurs, et comme Ethernet utilise un contrôle d'erreur par code cyclique (CRC), donc le code utilisé est de 32 degré (car le champ a une taille de 4 octets).

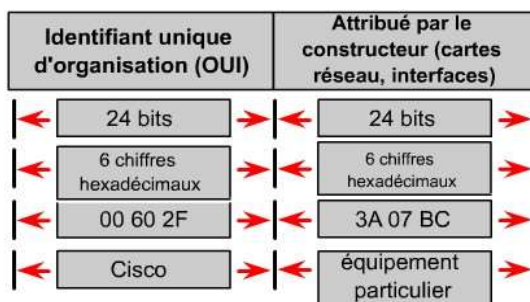
N.B. Ethernet exige que chaque trame ait une longueur comprise entre 64 et 1518 octets.

9 Adresse physique (adresse MAC)

L'adresse physique sert à identifier de façon unique les interfaces permettant la distribution des trames sur un réseau local. Elle est :

- **Unique** : Toutes les cartes de réseaux ont une adresse différente.
- **Fixe** : configurée dans la mémoire ROM de la carte.
- **Longueur** : 48 bits (6 octets) exprimées en douze chiffres hexadécimaux, où :
 - Les **3 premiers octets** identifient le constructeur (OUI : Organization Unique Identifier). Par exemple : 00-60-2F-xx-xx-xx → Cisco, 08-00-09-xx-xx-xx → HP. Ces octets sont administrés par IEEE.
 - Les **3 derniers octets** désignent le numéro de série de la carte réseau. Ces octets sont gérés par le constructeur.

Exemple : soit l'adresse MAC suivante : 00-60-2F-3A-07-BC.



9.1 Identification par adresse physique

Pour le transfert de données d'un équipement à un autre, l'émetteur doit spécifier le destinataire de ces données. Au niveau liaison, ceci se fait à l'aide des adresses physiques, c.-à-d. le destinataire est identifié par son adresse physique. La transmission se déroule comme suit :

- 1) L'équipement qui envoie des données attache un en-tête avec l'adresse MAC de destination.
- 2) Les données sont reçues par les équipements du réseau.
- 3) La carte réseau vérifie si son adresse MAC correspond à l'adresse de la trame.
 - Si pas de correspondance, la carte réseau ignore la trame de données.
 - Sinon, la carte réseau fait une copie et transmet la trame aux couches OSI.

N.B. Tous les équipements connectés à un réseau local possèdent des interfaces adressées MAC.

10 Les équipements intermédiaires

Les équipements intermédiaires assurent la fonction de relayage de données entre émetteurs et récepteurs. Ils implémentent les fonctionnalités de seulement la première couche, des deux premières couches ou des trois premières couches du modèle OSI. Les plus utilisés sont :

- **Répéteur.**

C'est un régénérateur du signal. Il est utilisé pour amplifier le signal numérique. Cette amplification permet d'étendre la distance maximale parcourue par le signal entre deux nœuds d'un réseau. Le répéteur fonctionne au niveau de la couche physique, on dit donc que c'est un équipement de la couche physique.

- **Concentrateur (Hub).**

Le concentrateur, en anglais « hub », est un répéteur multiport qui peut être :

- *Passif* : il ne fait que partager le média physique et concentrer les différents équipements terminaux sur un point central.
- *Actif* : il nécessite une alimentation de courant, car il amplifie un signal avant de l'envoyer.

- **Pont (Bridge).**

C'est un équipement qui fonctionne au niveau de la couche liaison du modèle OSI. A la réception d'une trame, le pont procède ainsi :

- Il recherche l'adresse MAC de destination dans une table spécifique.
- Il détermine s'il faut la filtrer, la diffuser ou la copier sur un autre segment.

- **Commutateur (Switch).**

C'est un Pont multiports. Donc il fonctionne au niveau de la couche liaison du modèle OSI (c'est un équipement de la couche 2). Le commutateur assure l'acheminement de données au niveau liaison. Pour ce faire, il crée et gère des tables utilisées pour déterminer les différentes destinations de données. Ces tables sont appelées « *tables de commutation* ».

- **Routeur (Router).**

C'est un équipement intermédiaire de la couche réseau. A la différence du commutateur, le routeur assure l'acheminement de données au niveau réseau. Pour ce faire, il assure les deux fonctions principales suivantes :

- Construire et gérer les tables de routage. Il se sert des protocoles de routage pour échanger les informations de routage et ainsi construire les tables.
- Déterminer la destination des paquets à l'aide de la table de routage. Pour cela, il utilise des métriques pour déterminer le chemin optimal.

11 Conclusion

Les réseaux locaux LAN sont au cœur de tous les réseaux informatiques, et leurs différentes technologies peuvent coexister au sein du même réseau. Ce chapitre a été consacré beaucoup plus pour l'étude de la technologie la plus répandue, à savoir Ethernet. Noter que les technologies LAN se différencient selon les fonctionnalités des couches physique et liaison qu'elles implémentent, qui touchent principalement le type de signaux utilisés pour la transmission de données, la méthode d'accès au support, et la façon de structurer les données en des trames.