

Chapitre 3 : Réseaux Ethernet

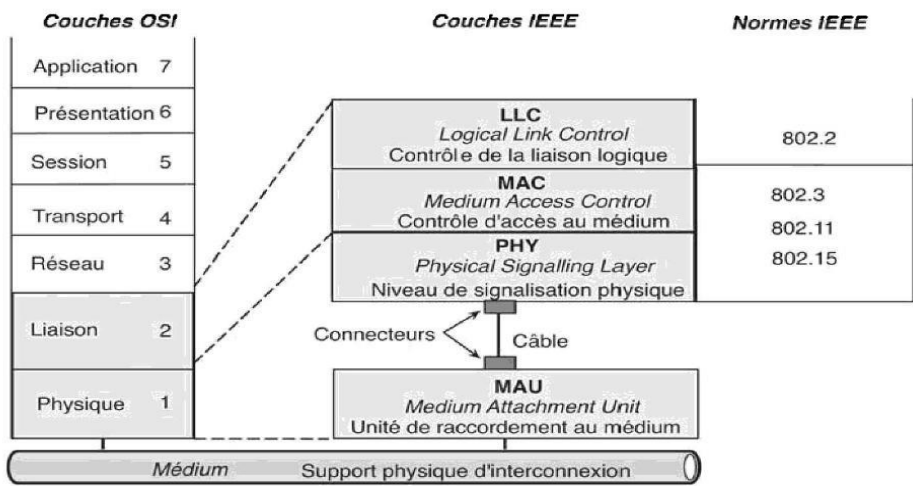
Introduction

Devant la diversité des besoins et des produits proposés, l'**IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers)** a créé le groupe de travail **802 (février 1980)** qui décrit une famille de normes relatives aux réseaux locaux (**LAN**) et métropolitains (**MAN**) basés sur la transmission de données numériques par des liaisons filaires ou sans fil.

1- Normes principales

- IEEE 802.1:** Gestion des réseaux locaux, VLAN, authentification, etc
- IEEE 802.2:** Distinction entre couche Logical Link Control (LLC) et Media Access Control (MAC)
- IEEE 802.3: Réseaux Ethernet**
- IEEE 802.4:** Token Bus
- IEEE 802.5:** Token Ring
- IEEE 802.11:** Réseaux sans fil WI-FI
- IEEE 802.12 :** Réseaux locaux utilisant un mécanisme de demande de priorité
- IEEE 802.15.1 :** Réseaux personnels sans fil (**WPAN**) comme le **Bluetooth**
- IEEE 802.15.4 :** *Low Rate Wireless Personal Area Network*, utilisé par exemple par **ZigBee** ou **6LoWPAN**

2- OSI et IEEE 802



3- Les couches IEEE 802

La norme IEEE 802, introduit une division de la couche Liaison de données (couche 2 OSI) en deux sous-couches: la sous-couche **LLC (Logical Link Control)** et la sous-couche **MAC (Media Access Control)**.

- La sous-couche **MAC** a pour mission essentielle de gérer l'accès au support physique, elle règle les problèmes d'adressage (adresse MAC) et effectue un contrôle d'erreurs. Elle répond à diverses normes en fonction du mode d'accès utilisé :
 - 802.3 : CSMA/CD ;
 - 802.4: Bus à jeton ;
 - 802.5 : Anneau à jeton ;
 - 802.11: CSMA/CA
 - 802.12 : Priorité à la demande...
- La sous-couche **LLC ou contrôle des liens logiques**, est chargée de gérer les communications en assurant le contrôle du flux de données et des erreurs.

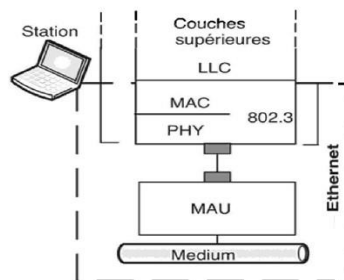
4- L'architecture Ethernet

Mise au point dans les années 80 par **DEC, Intel et XEROX**, l'architecture Ethernet permet l'interconnexion de matériels divers avec de grandes facilités d'extension.

Caractéristiques principales

- Débit de 10 Mbits/s à 10 Gbits/s (plus).
- Transmission en bande de base
- Topologie physique en **bus** ou en **étoile**
- Câbles cuivre (coaxial ou paires torsadées) ou fibre optique.
- Méthode d'accès CSMA/CD
- Longueur des trames comprises entre 64 et 1518 octets
- Topologie logique en bus, communication en diffusion
- Gestion des couches 1 et partiellement 2 du modèle OSI

Les fonctionnalités d'Ethernet correspond donc aux deux sous-couches **PHY** et **MAC** définies par la norme 802.3 en Liaison avec le support via l'unité de raccordement **MAU** (Medium Attachment Unit)



5- Trame Ethernet/802.3

TRAME 802.3

Préambule 7 octets 10101010	Délimiteur de début 10101011	Adresse Destination 6 octets	Adresse Source 6 octets	Longueur données 2 octets	Données	FCS 4 octets
-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	---------	-----------------

ETHERNET (V2)

Préambule 10101010	Délimiteur de début 10101011	Adresse Destination 6 octets	Adresse Source 6 octets	EtherType	Données	FCS 4 octets
-----------------------	------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------	-----------	---------	-----------------

- **le préambule (7 octets)** : permet la synchronisation du récepteur sur la trame émise.
- **le délimiteur de début de trame SFD (Start Frame Delimitor) (1octet)** : les deux bits à 1 marque le début de la trame.
- **les champs adresses** : contiennent les adresses MAC destination (**6 octets**) et source (**6 octets**).
- **le champ longueur de données (2 octets)** indique le nombre d’octets de données pour la trame 802.3 . Le cas de trame **Ethernet II**, ce champ est remplacé par **EtherType** qui donne la nature de protocole utilisé au niveau supérieur (par exemple 0x0800 pour IPv4) sa valeur est supérieure à 05DC .
- **le champ Données (46 – 1500 octets)** : contient Les données transmises de la couche supérieure, sont liées au champ **Longueur** ou **Type** (encapsulation), Complété par une séquence de bourrage (padding) si les données transmises n'atteignent pas la taille de 46 octets.
- **une séquence de contrôle (FCS: Frame Check Sequence) (4 octets)** calculée suivant un code de redondance cyclique(CRC).

Valeurs du champ EtherType les plus courantes :

Champ Type (hexadécimal)	Protocole couche supérieure (encapsulé dans la trame)
0x0800	IPv4
0x0806	ARP
0x809B	AppleTalk
0x86DD	IPv6
0x8864	PPPoE

6- Accès au support de transmission

- Le problème est de gérer le fait que toutes les stations soient connectées sur un même bus, donc les signaux électriques émis par les diverses stations circulent sur le même câble. chaque station peut commencer à transmettre dès qu’elle le souhaite. Cela conduit évidemment à des situations de conflit d’accès (**collision**) quand deux ou plusieurs stations transmettent simultanément.
- Toutes les stations ont la même priorité sur un réseau Ethernet, il faut donc gérer le problème que deux (ou plus) stations peuvent émettre simultanément sur le câble.
- On dit qu’on gère la méthode d’accès au bus (ou support).

Méthodes CSMA/CD

CSMA/CD = Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

= Accès multiple avec écoute de la porteuse et détection de collision.

Repose sur la diffusion des messages à toutes les stations (réseau à diffusion).

Principe de fonctionnement

- Lorsqu'une station désire émettre, elle écoute le canal, si aucun message n'est en cours de diffusion (silence) elle émet, sinon, elle diffère son émission jusqu'à ce que le support soit libre (attente active).
- Si le canal est libre, la station commence sa transmission.
- Lors de l'émission ; la station continue à écouter le canal pour vérifier s'il n'y a pas eu de collisions (les niveaux électriques sur le support doivent correspondre toujours à son émission) .
- Si une collision a eu lieu, la station émettrice interrompt sa transmission, envoie un signal de brouillage (**JAM**) pour signaler la collision aux autres stations, attend pendant un certain délai aléatoire avant de tenter une nouvelle fois sa transmission.

Illustration du mécanisme de fonctionnement

La station A diffuse son message (t_0 à t_3).

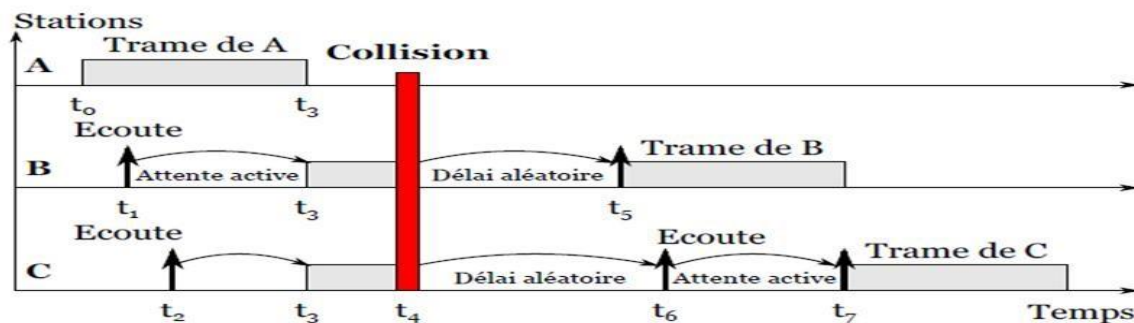
La station B, avant d'émettre, écoute le canal (t_1). Le support est occupé, elle diffère son émission, mais reste à l'écoute (attente active).

La station C, en t_2 , se porte à l'écoute et retarde son émission.

En t_3 , A cesse d'émettre, B et C détectent le silence, elles émettent simultanément. En t_4 , chacune des stations détecte que son message est altéré, la collision est détectée. B et C cessent leur émission et déclenchent une temporisation aléatoire.

En t_5 , le timer de B atteint sa fin .Le canal étant libre, B émet.

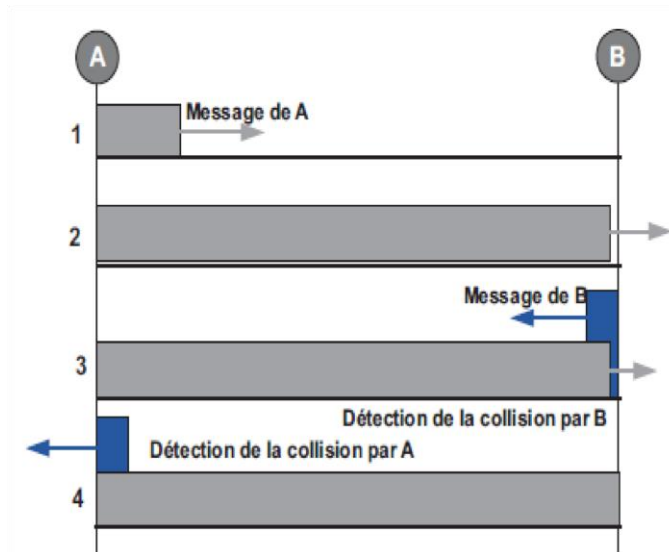
En t_6 , C détecte le support occupé et diffère son émission jusqu'au t_7 .



Caractéristiques du réseau

Fenêtre de collision (TimeSlot) : correspond au temps minimal pendant lequel une station doit émettre pour détecter la collision la plus tardive que son message est susceptible de subir.

Considérons les deux stations les plus éloignées du réseau : **A et B**.



- En (1), A émet, tant que le message de A n'est pas parvenu à B, cette dernière suppose le support libre (2).
 - B émet un message juste avant que le premier bit du message de A lui parvienne (3).
 - La station B détecte instantanément la collision et cesse son émission (3).
 - Pour que A puisse détecter que son message a subi une collision, il est nécessaire que le message de B lui parvienne et qu'elle soit encore en émission à cet instant (4).
- Ce temps minimal d'émission s'appelle **fenêtre de collision, time slot ou encore tranche canal**.
 - Ce temps minimal d'émission correspond à **2 fois le temps de propagation** d'une trame entre les stations les plus éloignées.
 - Ce temps est fixé à 51,2 μ s, pour un débit de 10 Mbit/s, à l'émission de 512 bits, soit 64 octets.
 - En cas de message de longueur inférieure, une séquence de bourrage (Padding) est insérée derrière les données utiles.

Algorithme du BEB

BEB (Binary Exponentiel Backoff) ou encore algorithme de ralentissement exponentiel, Il détermine le délai aléatoire d'attente avant qu'une station ne tente une nouvelle émission, après collision.

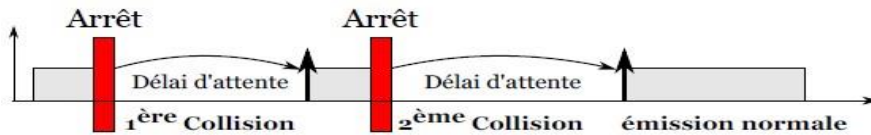
- Après une collision, une station ne peut émettre qu'après un délai d'attente aléatoire déterminé par l'équation suivante:

$$\text{Délai d'attente} = K * \text{TimeSlot}$$

K est un nombre aléatoire entier généré par l'émetteur et compris dans l'intervalle : $K = [0, 2^n - 1]$ avec $n \leq 10$

Où n représente le nombre de collisions successives détectées par la station pour l'émission d'un même message.

- Après 16 tentatives, l'émetteur abandonne l'émission.



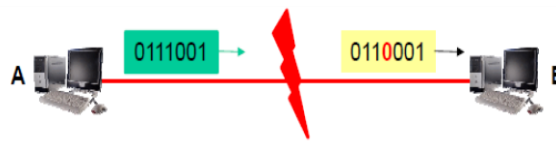
Temps inter-trames (IFS: Inter Frame Space): 9.6μs pour des débits de 10 Mbit/s, 0.96μs pour des débits de 100 Mbit/s.

7- Contrôle d'intégrité

La détection d'erreurs

Mécanisme permettant au destinataire de vérifier la validité des données reçues.

- Des phénomènes physiques (rayonnement électromagnétique, bruit,...) peuvent perturber la transmission et modifier les informations transmises.



Contrôle de Redondance Cyclique ou Cyclic Redundancy Check (CRC)

- Détecte les erreurs de transmission par ajout de données redondantes vis-à-vis de la trame.
- CRC calculé par l'émetteur et le récepteur, puis le récepteur vérifie si le CRC est valide.

A l'émission

- Le bloc de données de N bits est considéré comme un polynôme $P(X)$ de degré $N-1$:

Exemple :

1100101 est représenté par $1 \cdot X^6 + 1 \cdot X^5 + 0 \cdot X^4 + 0 \cdot X^3 + 1 \cdot X^2 + 0 \cdot X^1 + 1 \cdot X^0$ soit $P(x) = X^6 + X^5 + X^2 + 1$

- Le polynôme $P(X)$ est divisé par un polynôme générateur $G(X)$
- Le reste de cette division $R(X)$ constitue le CRC.

A la réception

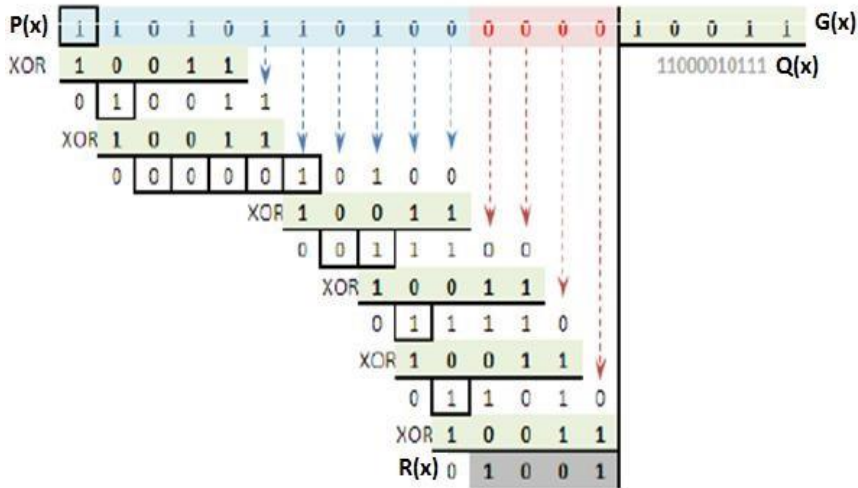
- Le message reçu contient les données et le CRC doit être divisé par le même polynôme générateur.
- Vérification que le reste de la division est nul.

Exemple

Soit une trame à transmettre contenant la suite binaire **11010110100**

- Utilisation du polynôme générateur $G(x) = x^4 + x + 1$, soit en binaire : **10011**, le degré de $G(x) = 4$
- Division de **11010110100** par **10011**
- Ajout à droite de la trame des zéros, le nombre de zéros=degré de $G(x)$, alors on obtient **110101101000000**

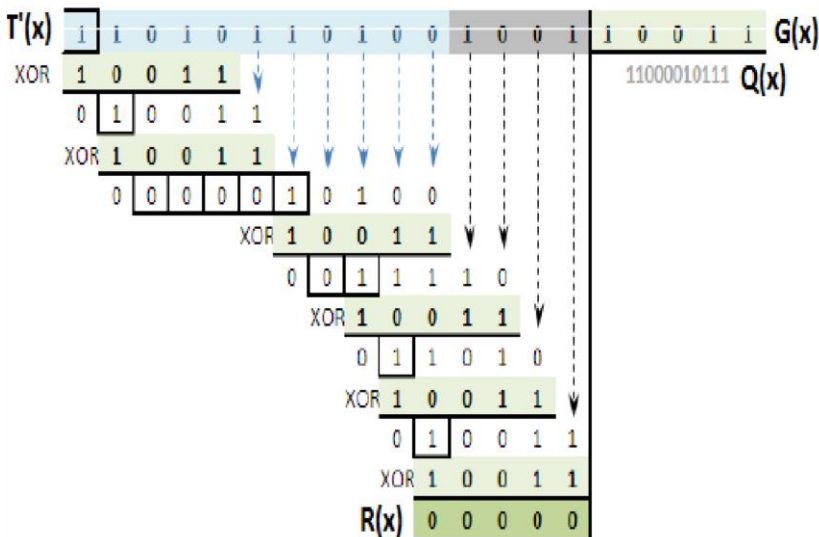
- Exécution de la division par soustractions successives grâce au OU-EXCLUSIF (XOR)



- La dernière ligne de la division donne le reste correspondant au **CRC : 1001 (4 bits²)**
- Le reste est ajouté à la suite de la trame d'information à **transmettre : 110101101001001**
 - La trame transmise contient la suite binaire **110101101001001**
 - **A la réception** le polynôme $T'(x)$ correspond à la totalité des bits reçus (**Information + CRC**)
 - Le récepteur divise la trame reçue par le même polynôme générateur $G(X)$

Division de **110101101001001** par **10011**

- Si le reste $R(x)$ est nul, la transmission s'est faite sans erreur.
- Si le reste est non nul, une erreur s'est produite durant la transmission

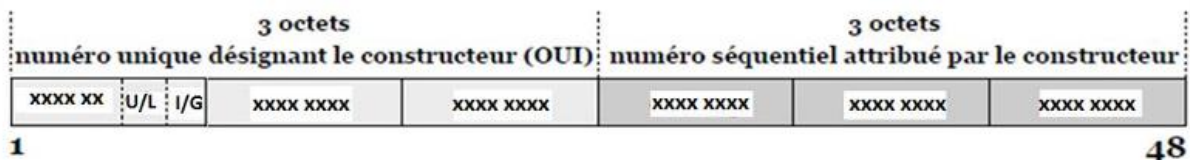
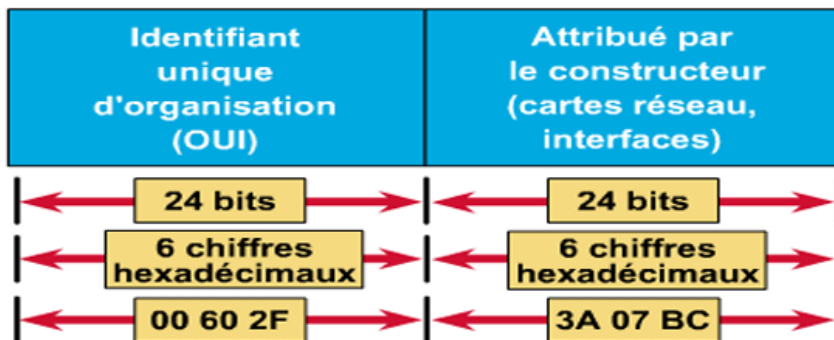


Le reste $R(x)=0$ alors il n'y a pas d'erreurs de transmission.

Adressage MAC

- L'adresse MAC désigne de manière unique une station sur le réseau.
- Une adresse MAC est une adresse matérielle, c'est-à-dire une adresse unique stockée sur une mémoire morte (ROM) de la carte réseau.
- Pour garantir l'unicité d'adresse, c'est l'IEEE 802 qui les attribue.
- L'adressage IEEE 802 est un adressage à plat, il désigne une machine mais ne permet pas d'en déterminer la position géographique.
- Cette adresse est codée sur 48 bits (6 octets) et est généralement représentée sous la forme hexadécimale en séparant les octets par un double point ou un tiret.

Par exemple 00:60:2F:3A:07:BC



- Les trois premiers octets désignent l'**OUI** (Organizationally Unique Identifier) le code du constructeur attribué par IEEE.
- Les trois derniers octets sont des adresses (numéro séquentiel) attribué par le constructeur.
- le bit **I/G (Individual/Group)** : Si **I/G = 0**, il s'agit d'une adresse individuelle, si **I/G = 1**, il s'agit d'une adresse de groupe (**multicast** ou **broadcast**).
- le bit **U/L (Universal/Local)** : Si **U/L = 0**, il s'agit d'une attribution universelle (adressage IEEE), si **U/L = 1**, il s'agit d'une attribution locale (c'est à l'administrateur de réseau de gérer l'espace d'adressage et de garantir l'unicité d'adressage ;

Adresses des constructeurs

CISCO 00 00 0C
Bull 08 00 38
Intel 00 AA 00
IBM 08 00 5A
Sun 08 00 20
Apple 08 00 07

Adresses de groupe

Adresse(s) MAC	Type	Description
FF-FF-FF-FF-FF-FF	<i>Broadcast</i>	<i>Diffusion généralisée</i>
01-00-5E-00-00-00 à 01-00-5E-7F-FF-FF	<i>Internet multicast</i>	Diffusion restreinte

Exemple : Adresse MAC 00:18:DE:10:FA:32, est une adresse unicast Universelle
code constructeur = 3 premiers octets de l'adresse MAC = 00:18:DE, (**Intel corporation**)
code attribué par le constructeur à la carte = 3 derniers octets = 10:FA:32