

Introduction à l'Ethernet

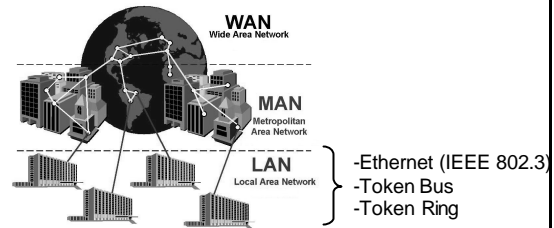
Séminaire 2005-2006

Infrastructures de Communication

(plusieurs slides originelles de Christian Hascoët)

1

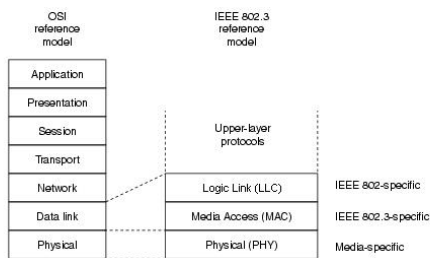
Domaine de l'Ethernet



Infrastructures de Communication

2

Modèle OSI et Ethernet (IEEE 802.3)



Infrastructures de Communication

3

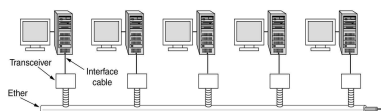
Historique

- Origine : Système ALOHA (Bonjour en Hawaïen) d'Abramson exploité à Hawaï en 1970 (CSMA : Carrier Sense Multiple Access).
- Ethernet V1 (1976) Conçu et mis en œuvre par XEROX
 - Débit : 3 Mb/s (*Experimental Ethernet*)
 - Médium : Coaxial de 1000 mètres
 - Nombre maximum de stations : 100
- Ethernet V2 (1980) GIE DIX (Digital - Intel - Xerox)
 - Débit : 10 Mb/s
 - Base de travail à la recommandation IEEE 802.3
- Par la suite, on utilisera la notation IEEE 802.3 pour faire référence à l'Ethernet

Infrastructures de Communication

4

Principes (1)



- Support de transmission (Ether)
 - Câble coaxial
 - Diffusion de l'information, écoute sélective
- Équipement raccordé sur ce câble par un transceiver
transmitter + receiver = transceiver
- Un équipement Ethernet a une adresse unique au monde (adresse ethernet ou adresse MAC)

Infrastructures de Communication

5

Principes (2)

- Sur le câble circulent des trames :
 - Suites d'éléments binaires (trains de bits)
- À un instant donné, une seule trame circule sur le câble
 - Pas de full duplex
- Trame émise par un équipement est reçue par tous les transceivers du support Ethernet
- Trame contient l'adresse de l'émetteur et du destinataire

Infrastructures de Communication

6

Principes (3)

- Un coupleur est à l'écoute de la totalité des trames qui circulent sur le câble
 - Si une trame lui est destinée :
 - Adresse destinataire = Sa propre adresse physique
 - Il la prend, la traite et la délivre à la couche supérieure
 - Sinon, le coupleur ne fait rien

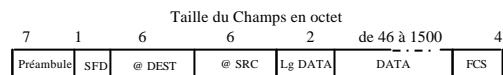
Principes (4)

- Une station qui veut émettre
 - Regarde si le câble est libre
 - Si oui, elle envoie sa trame
 - Si non elle attend que le câble soit libre
- Si 2 stations émettent ensemble, il y a collision
 - Les 2 trames sont inexploitables
 - Les 2 stations détectent la collision, elles ré-émettront leur trame ultérieurement

Principes (5)

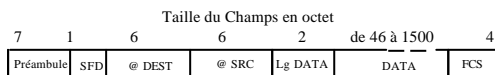
- Ethernet est un réseau
 - Probabiliste
 - Sans chef d'orchestre
 - Égalitaire
- Comparaison avec une réunion sans animateur entre gens polis
- C'est le protocole de réseau local de loin le plus répandu (80% environ)

Format d'une trame IEEE 802.3



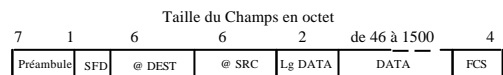
- Débit d'émission / réception : 10 Mb/s
 - 10 bits par µs
- Longueur des trames (avec préambule et SFD) :
 - 26 octets réservés au protocole
 - Longueur minimale : **72 octets**
 - Longueur maximale : **1526 octets**

Trame IEEE 802.3 : Préambule



- Taille : 7 octets identiques (10101010) <=> Simple suite continue de bit à 0 et de bit à 1
- Assez long pour servir à la synchronisation de l'horloge locale (synchroniser l'émetteur et le récepteur)
- Pas de fin de trame

Trame IEEE 802.3 : SFD



- SFD : Start Frame Delimitator
- Marque le début de la trame
- Taille : 1 octet
- SFD = 10101011

Trame IEEE 802.3 : Adresses

Taille du Champs en octet						
7	1	6	6	2	de 46 à 1500	4
Préambule	SFD	@ DEST	@ SRC	Lg DATA	DATA	FCS

- Adresses IEEE 802.3 ou Ethernet : 48 bits (6 octets).
 - syntaxe : 08:00:20:05:B3:A7 ou 8:0:20:5:B3:A7
- 1er bit transmis : spécifie une adresse individuelle (0) ou de groupe (1)
- 2ième bit transmis : spécifie si l'adresse est administré localement (0) ou universellement par IEEE (1)

Infrastructures de Communication

13

Trame IEEE 802.3 : Adresses

Taille du Champs en octet						
7	1	6	6	2	de 46 à 1500	4
Préambule	SFD	@ DEST	@ SRC	Lg DATA	DATA	FCS

- Exemples :
 - Broadcast (diffusion) : FF:FF:FF:FF:FF:FF
 - Multicast (groupe) : 1er Bit à 1 (1er octet d'adresse impair) :
 - 01-00-5E-00-00-00
 - 01-80-C2-00-00-00
 - Individuelle : 1er Bit à 0 (1er octet d'adresse pair) :
 - 08:00:20:09:E3:D8 ou 00:01:23:09:E3:D5

Infrastructures de Communication

14

Trame IEEE 802.3 : Adresses

Taille du Champs en octet						
7	1	6	6	2	de 46 à 1500	4
Préambule	SFD	@ DEST	@ SRC	Lg DATA	DATA	FCS

- Administration locale :
 - 2ième bit transmis à 1 => 1er octet 02,03,06,07,0A,0B,0E,0F,12...
 - Connue par le réseau sur lequel elle est connectée
- Administration universelle :
 - 2ième bit transmis à 0 => 1er octet 00,01,04,05,08,09,0C,0D,10 ...
 - Attribuée par IEEE
 - <http://standards.ieee.org/db/oui/forms/> (obtention d'un N°)

Infrastructures de Communication

15

Trame IEEE 802.3 : Adresses

Taille du Champs en octet						
7	1	6	6	2	de 46 à 1500	4
Préambule	SFD	@ DEST	@ SRC	Lg DATA	DATA	FCS

- Plus généralement avec les 2 premiers bits à 0
- Attribuées aux fabricants de coupleur ethernet pour définir l'adresse physique de leur coupleur
- Les 3 derniers octets étant librement alloués par le fabricant
 - $(256)^3 = 16.78$ millions de possibilités pour le fabricant
 - Cisco 00:00:0C:XX:XX:XX Sun 08:00:20:XX:XX:XX
 - Cabletron 00:00:1D:XX:XX:XX HP 08:00:09:XX:XX:XX

Infrastructures de Communication

16

Trame IEEE 802.3 : Adresses

Taille du Champs en octet						
7	1	6	6	2	de 46 à 1500	4
Préambule	SFD	@ DEST	@ SRC	Lg DATA	DATA	FCS

- L'adresse destinataire peut donc représenter :
 - L'adresse physique d'une machine locale
 - L'adressage d'un groupe de machines (multicast)
 - Toutes les machines du réseau local (broadcast)
- L'adresse source représente seulement :
 - L'adresse physique de la station émettrice

Infrastructures de Communication

17

Trame IEEE 802.3 : Longueur

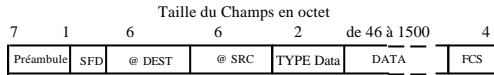
Taille du Champs en octet						
7	1	6	6	2	de 46 à 1500	4
Préambule	SFD	@ DEST	@ SRC	Lg DATA	DATA	FCS

- Taille : 2 octets (valeur = 1500)
- Donne le nombre d'octets utilisé par les données dans l trame
- Ce champ est différent dans un trame Ethernet

Infrastructures de Communication

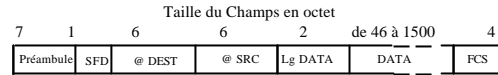
18

Trame Ethernet : Type données



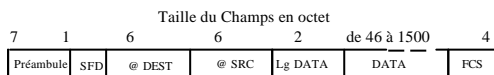
- Taille : 2 octets
- Norme : "Si la valeur du champ taille > 1500 alors la trame peut être ignorée, détruite ou utilisée à d'autres fins que IEEE802.3" => permet la compatibilité avec Ethernet
- <ftp://ftp.isi.edu/in-notes/iana/assignments/ethernet-numbers>

Trame IEEE 802.3 : Données



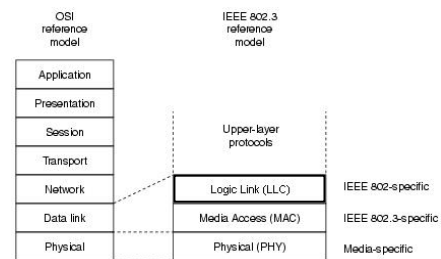
- $1 < \text{Taille du champs de données utiles} < 1500$ octets
 - Padding : Ajout d'octet(s) sans signification pour envoyer moins de 46 octets de données
- => Longueur minimale de la trame : **72 octets**

Trame IEEE 802.3 : FCS

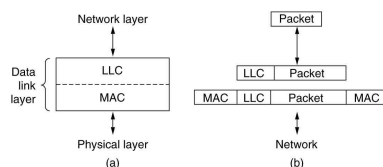


- FCS : Frame Check Sequence
- Contrôle à la réception de la trame par calcul
 - Calcul = CRC (Cyclic Redundancy Check) (Division polynomiale)
 - CRC sur champs destination, source, longueur et données
- Taille : 4 octets

Logic Link Control (LLC)

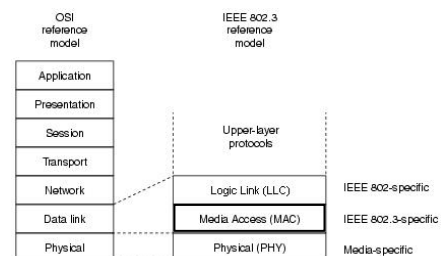


Sous Couche LLC (1)



- Contrôle la transmission de données
 - Type 1 : Mode datagramme
 - Type 2 : Mode connecté
 - Type 3 : Mode datagramme acquitté

Media Access Control (MAC)

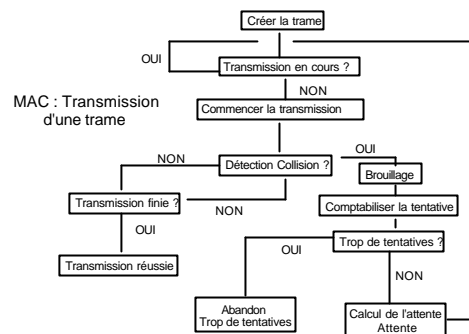


MAC : Transmission d'une trame

- La sous-couche LLC a fait un appel "transmet-trame".
- La couche MAC :
 - Ajoute préambule, SFD, padding si nécessaire
 - Assemble les champs : @source, @destinataire, taille, données et padding
 - Calcule le FCS et l'ajoute à la trame
 - Transmet la trame à la couche physique :
 - Si "écoute porteuse" faux depuis 9.6 µs au moins, la transmission s'effectue.
 - Sinon, elle attend que "écoute porteuse" devienne faux,
 - Attend 9.6 µs et commence la transmission (suite de bits).

Infrastructures de Communication

25



Infrastructures de Communication

26

MAC : Réception d'une trame (1)

- La sous-couche LLC a fait un appel "reçoit-trame".
- La couche MAC est à l'écoute du signal "écoute porteuse",
 - Reçoit tous les trains de bits qui circulent sur le câble :
 - Les limites des trames sont indiquées par le signal "écoute porteuse"
 - Ôtes le préambule et le SFD
 - Analyse l'adresse du destinataire dans la trame
 - Si l'adresse de destination de la trame est différente de l'adresse de la station => poubelle
 -

Infrastructures de Communication

27

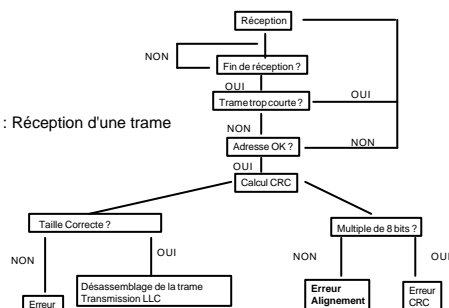
MAC : Réception d'une trame (2) garder vocabulaire

- Si l'adresse destination est ou inclue la station :
 - Elle découpe la suite de bits reçus en octet, puis en champs
 - Transmet à la sous-couche LLC les champs :
 - @destination, @source, taille et données
 - Calcule le FCS et indique une erreur à la couche LLC si :
 - FCS incorrect
 - Trame trop grande: >1526 octets (avec préambule et SFD) (giants)
 - Longueur de la trame n'est pas un nombre entier d'octets (erreur d'alignement)
 - Trame trop petite: < 72 octets (trame avec collision) (runt)

Infrastructures de Communication

28

MAC : Réception d'une trame



Infrastructures de Communication

29

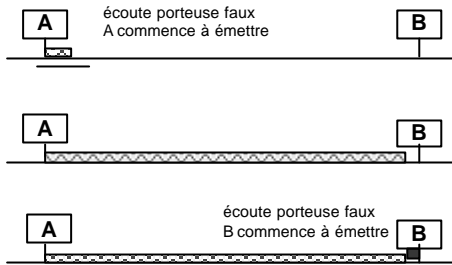
Collisions : Problématique

- Une station regarde si le câble est libre avant d'émettre (écoute porteuse)
- Mais le délai de propagation d'une trame sur le réseau n'est pas nul : une station peut émettre alors qu'une autre a déjà commencé à émettre
- Quand ces 2 trames émises presque simultanément se "rencontrent", il y a collision
- Avec un réseau très grand (et donc un temps de propagation d'une trame très long), ceci est inefficace => LIMITES

Infrastructures de Communication

30

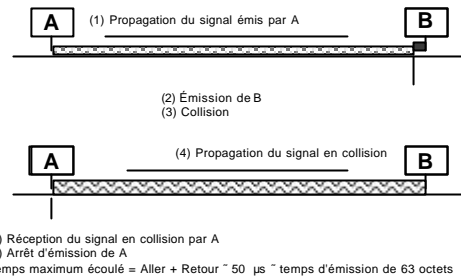
Collision : exemple



Infrastructures de Communication

31

Collision : exemple (2)



Infrastructures de Communication

32

Collisions : Solutions

- Minimiser le temps pendant lequel une collision peut se produire
 - Temps maximum de propagation d'une trame = Temps aller/retour
 - Temps aller/retour = Round Trip Delay $\approx 50 \mu s \approx 63$ octets \Rightarrow une collision ne peut se produire que sur le chemin Aller (collision window).
 - On fixe un Slot Time = $51.2 \mu s$ ($\rightarrow 64$ octets) : le temps d'acquisition du canal : une collision ne peut se produire que durant ce temps
 - La station émettrice ne peut se déconnecter avant la fin du slot time pour avoir la certitude que la transmission se soit passée sans collision
- Pour tenir ce temps maximum (RTD), on impose des limitations :
 - Longueur, nombre de segments et de boîtiers traversés par une trame ...

Infrastructures de Communication

33

Collisions : Détection

- Réseau probabiliste
- Émetteur :
 - Émet au minimum après $9.6 \mu s$
 - Écoute le signal "détection de collision" pendant $51.2 \mu s$ (64 octets) à partir du début d'émission
 - S'arrête d'émettre quand il détecte une collision
- Récepteur :
 - réception d'une trame < 72 octets \Rightarrow collision

Infrastructures de Communication

34

Collisions : En envoi de trame

- Couche MAC transmet la suite de bits à la couche physique
 - Pendant le début de la transmission (Slot Time = 512 bits), elle teste le signal "détection de collision" que lui fournit la couche physique
 - S'il y a collision, la station commence par renforcer cette collision en envoyant un flot de 4 octets (jam) pour prévenir toutes les machines du réseau

Infrastructures de Communication

35

Collisions : En réception de trame

- Si la trame est de taille erronée :
 - Longueur minimale trame correcte : 72 octets
 - Longueur maximale trame erronée : 64 octets
- Donc toutes trames reçues de longueur < 72 octets est rejetée

Infrastructures de Communication

36

Collisions : Ré-émission

- La station attend $= R \times 51,2 \mu s = R \times \text{"Slot Time"}$
- R entier, $0 \leq R < 2^K$ avec $K = \min(n, 10)$
 - n = nombre de ré-émissions déjà faites (modulo 10)
- Elle émet à nouveau, 15 ré-émissions maximum
- Si la 15ième ré-émission échoue, la couche physique retourne le statut "Trop d'erreurs de collision" à la couche directement supérieure
- Exemples de valeur de R :
 - 1) 0 ou 1
 - 2) 0.1.2.3
 - 3) 0.1.2.3.4.5.6.7
 -

Infrastructures de Communication

37

Types de support



Câble coaxial



Paire torsadée



Fibre optique

Infrastructures de Communication

38

Ethernet à 10 Mbps : Supports

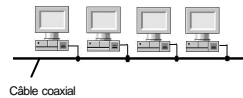
Name	Cable	Max. seg.	Nodes/seg.	Advantages
10Base5	Thick coax	500 m	100	Original cable; now obsolete
10Base2	Thin coax	185 m	30	No hub needed
10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Cheapest system
10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings

Infrastructures de Communication

39

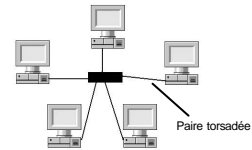
Topologies de connexion

Topologie avec le câble coaxial
(version originale)



Câble coaxial

Topologie avec la paire torsadée
Il faut utiliser un hub



Paire torsadée



HUB

- Utilisé avec la paire torsadée
- Contient plusieurs ports d'entrée et sortie
- Reçoit une trame d'un port
- Transmet la trame aux autres ports

40