



IMT Atlantique

Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

UE PRIP

Principe des Réseaux Informatiques par la Pratique

La couche liaison

Christophe Lohr
Automne 2023

Introduction

La technologie Ethernet

Les autres techniques autour des LANs

- ▶ Les réseaux de l'entreprise
- ▶ Caractéristiques :
 - ▶ Topologie
 - ▶ Bus, avec ou sans fil
 - ▶ Anneau
 - ▶ Étoile
 - ▶ Bande de base ou large bande
 - ▶ Caractéristiques physiques des supports (les média)
 - ▶ Cuivre
 - ▶ Fibre optique
 - ▶ radio
 - ▶ Méthode d'accès au médium
 - ▶ Comment une station peut-elle émettre ses données sur le réseau

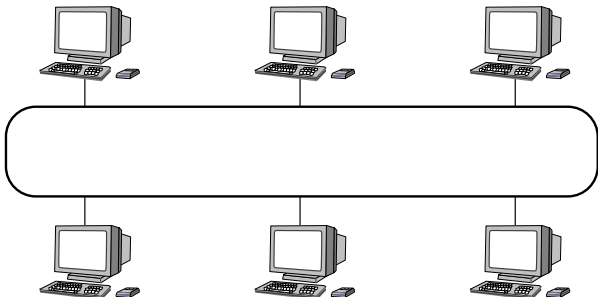
- ▶ Les réseaux locaux : LAN : Local Area Network
 - ▶ Réseaux d'entreprise
 - ▶ Courtes distances : de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres
- ▶ Les réseaux métropolitains : MAN : Metropolitan Area Network
 - ▶ Interconnexion de réseaux locaux
 - ▶ Quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres
- ▶ Les réseaux grande distance : WAN : Wide Area Network
 - ▶ Les réseaux nationaux et internationaux
 - ▶ Les réseaux d'opérateurs

Bus

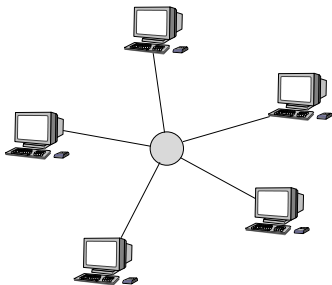


Remarque : un canal radio partagé peut être considéré comme un bus

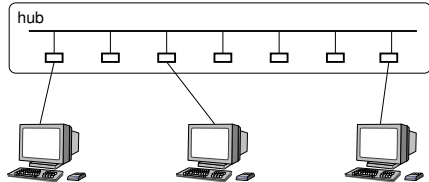
Anneau



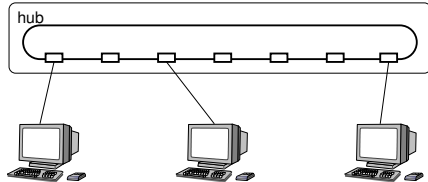
Étoile



Le bus devient étoile



L'anneau devient étoile



- ▶ Transmission en bande de base
 - ▶ Un seul canal physique pour toutes les stations
 - ▶ Problème d'accès concurrent
- ▶ Transmission en large bande
 - ▶ Plusieurs canaux sur le médium
 - ▶ Un canal est caractérisé par une bande de fréquence
 - ▶ Les signaux émis par les stations sont transposés dans la bande de fréquence qui est assignée aux stations
 - ▶ Un canal donné peut être vu comme un canal en bande de base (émulation d'un bus Ethernet par exemple)

Très liées à la topologie (topologie logique)

▶ Bus

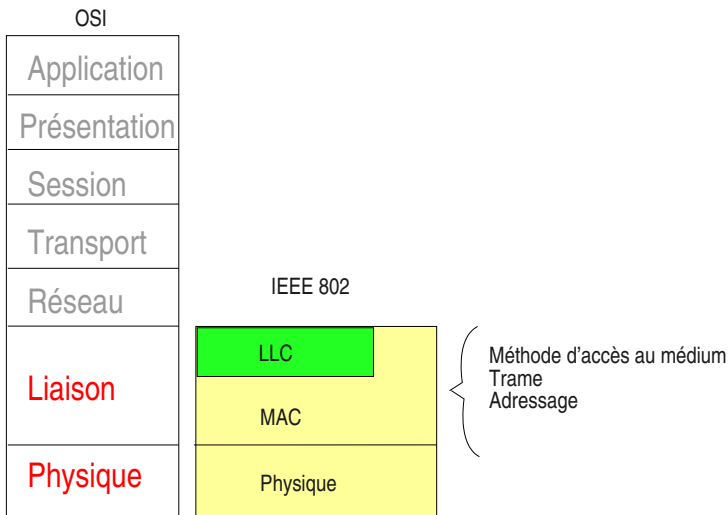
- ▶ Tout le monde partage le canal sans priorité
- ▶ Chaque station peut, à priori, émettre lorsqu'elle le désire
 - ▶ Il en résulte des collisions
 - ▶ Il faut gérer le problème des collisions
 - . Algorithme spécifique de contention (CSMA CD ou CA...)
 - . Émulation d'un anneau logique

▶ Anneau

- ▶ Le droit d'émettre est transmis sur l'anneau dans une trame spécifique contenant un bit spécial appelé «jeton»
- ▶ Les trames circulent dans un sens donné

- ▶ Menée à bien par l'organisme IEEE
 - ▶ Plus particulièrement le comité 802 de l'IEEE
 - ▶ Chaque topologie et les divers protocoles et caractéristiques sont étudiés et standardisés par un sous-comité 802
 - ▶ Exemples : 802.3 pour Ethernet, 802.5 pour Token Ring
- ▶ Modèle en couches spécifique
 - ▶ Comparable au modèle OSI pour ses deux premières couches
 - ▶ Trois couches
 - ▶ La couche physique (comme pour OSI)
 - ▶ La couche «Medium Access Control» (MAC)
 - ▶ La couche «Logical Link Control» (LLC)

- ▶ 802.1 : architecture des réseaux locaux
 - ▶ Architecture générale, interconnexion (niveau 2), QoS, etc...
- ▶ 802.2 : la couche LLC
- ▶ 802.3 : Ethernet
 - ▶ 802.3u : Ethernet 100Mb/s
 - ▶ 802.3ab, z : Ethernet 1Gb/s
 - ▶ 802.3ae : Ethernet 10Gb/s
- ▶ 802.4 : le bus à jeton
- ▶ 802.5 : l'anneau à jeton (Token Ring)
- ▶ 802.11 : les réseaux sans fils (WiFi)
- ▶ 802.15 : les WPAN : Wireless Personal Area Network



Introduction

La technologie Ethernet

Les autres techniques autour des LANs

Introduction

La technologie Ethernet

Fondements d'Ethernet

Les adresses MAC

Les VLANs

Évolutions

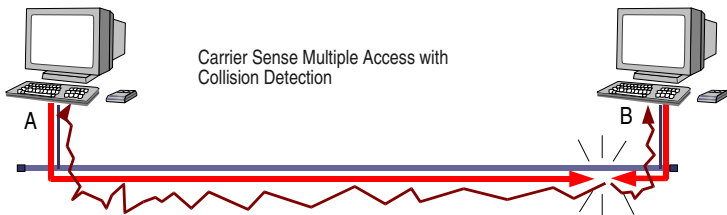
Dénomination

Câblage

Les autres techniques autour des LANs

- ▶ L'ancêtre : ALOHA de l'université de Hawaï
 - ▶ Tout le monde a le droit d'émettre quand il veut
 - ▶ Les collisions sont nombreuses
- ▶ Améliorations CSMA Carrier Sense Multiple Access
 - ▶ On écoute le canal, s'il est silencieux on peut émettre
 - ▶ Les collisions ne sont pas absentes, elles sont moins nombreuses
- ▶ Méthodes de contention des collisions
 - ▶ CA : Collision Avoidance
 - ▶ On envoie une trame test (TRTS : Request To Send), si elle ne collisionne pas, on peut émettre
 - ▶ CD : Collision Detection
 - ▶ On émet et on écoute, il y a collision si le signal écouté est différent de celui qu'on émet, on arrête l'émission qu'on retente après un temps aléatoire

- ▶ La technologie impérialiste, elle a écrasé toutes les autres (ou les autres s'adaptent à elle, exemple le WiFi)
- ▶ Topologie logique : le bus
 - ▶ Aujourd'hui, topologie physique en étoile avec hubs et commutateurs (switches)
- ▶ Méthode d'accès
 - ▶ CSMA-CD : Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
- ▶ Origine : Intel, Xeros, Digital, première idée en 1976 (Bob Metcalfe)
- ▶ Standardisation générale : IEEE-802.3
- ▶ Des débits divers : 10, 100, 1Gb/s, voir 10Gb/s



- ▶ La station A écoute le réseau, il n'y a pas de signal, elle peut émettre
- ▶ Le signal se propage
- ▶ La station B écoute le réseau, le signal de A ne lui est pas encore parvenu, elle décide d'émettre
- ▶ Les deux signaux vont collisionner, le signal résultant va se propager de part et d'autre et va parvenir aux deux stations qui **continuent d'écouter**
- ▶ Chaque station continue à émettre quelques instants pour renforcer la collision et s'arrêtent
- ▶ Chacune tire un temps aléatoire au bout duquel elles tentent une ré-émission

- ▶ Si une station émet pendant au moins 1 RTT alors il n'y aura plus de collision non détectée
- ▶ Si une collision est détectée, chaque station en cause arrête son émission
 - ▶ Chaque station considère alors 2 intervalles de temps de valeur RTT et tire aléatoirement 1 ou 2 et ré-émet tout de suite (si 1 est tiré) ou un RTT plus tard (si 2 est tiré)
 - ▶ Si une nouvelle collision intervient, on considère alors 4 RTT, et on tire aléatoirement entre 1 et 4. On tente une émission au début de l'intervalle de temps tiré
 - ▶ En Ethernet, on peut tenter jusqu'à 16 réémissions mais on ne multiplie par 2 que jusqu'à 10 fois le nombre de RTT

Bus Ethernet : quel est le diamètre du réseau ?

18/75

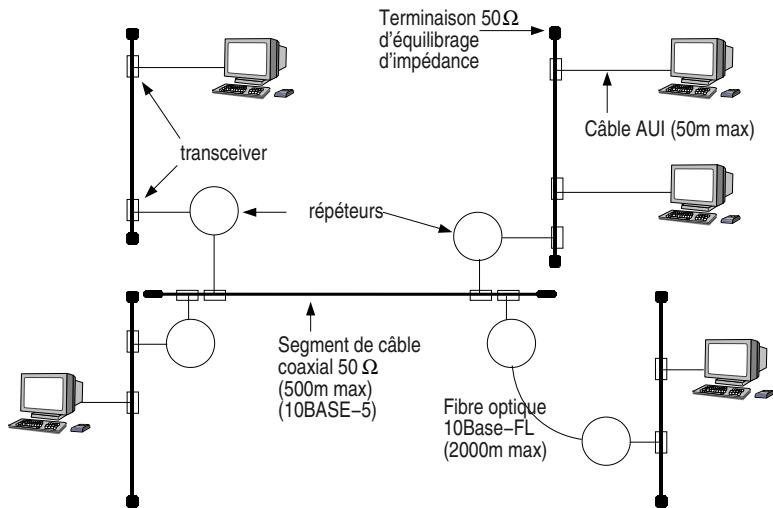
Ou encore : quelle est la distance maximale entre deux stations ?

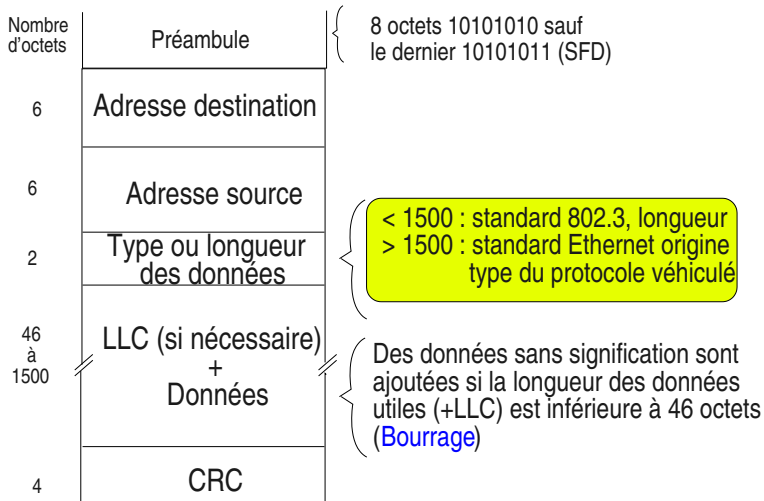
- ▶ Pour détecter une collision il faut que les deux stations soient encore en émission lorsque le signal de collision leur revient
- ▶ Cas le plus défavorable : elles sont situées aux deux extrémités du réseau et la station B émet un court instant avant que le signal de A ne lui parvienne. La collision a lieu près de B
 - ▶ Pour que A détecte la collision il lui faut attendre un temps égal à la durée de propagation de A jusqu'à B et retour
 - ▶ On appelle ce temps le Round Trip Delay, le Round Trip Time (RTT), la «tranche canal» ou encore la fenêtre de collision
 - ▶ Ce temps dépend : de la taille du segment de données (trame), de la durée d'émission de cette trame et de la distance entre les deux stations les plus éloignées

Ethernet : les caractéristiques générales au débit de 10Mb/s

19/75

- ▶ Taille minimale de la trame : 64 octets (512 bits)
- ▶ Taille maximale : 1518 octets
 - ▶ 1500 octets de charge utile (SDU) pour Ethernet pur
 - ▶ 1497 ou 1496 ou même 1492 en format 802.3 où la couche LLC est nécessaire
- ▶ Taille minimale : 64 octets
 - ▶ Bourrage dans le champ «données» si la longueur de celles-ci est inférieur à 46 octets
- ▶ Silence inter-trame de 9,6 μ s
- ▶ Tentatives de réémission en cas de collision : 16





- ▶ C'est un datagramme
 - ▶ Elle contient l'adresse de la station destinatrice ainsi que l'adresse de la station qui émet
 - ▶ Elle contient un CRC, on peut donc vérifier son intégrité en réception
 - ▶ Si cette vérification montre une altération, la trame est jetée
- ▶ Il n'est pas prévu à ce niveau (MAC) d'échange préalable pour établir une relation entre l'émetteur et le récepteur
 - ▶ Il n'y a pas de connexion
 - ▶ Il n'y a pas de contrôle de flux
 - ▶ Il n'y a pas de récupération sur erreur

Introduction

La technologie Ethernet

Fondements d'Ethernet

Les adresses MAC

Les VLANs

Évolutions

Dénomination

Câblage

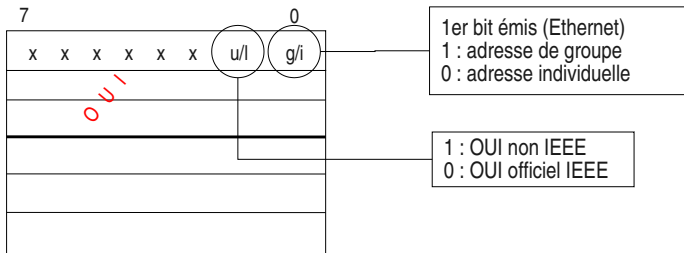
Les autres techniques autour des LANs

- ▶ Définies dans la couche MAC (adresses MAC)
 - ▶ 6 octets
- ▶ 3 types d'adresses
 - ▶ Les adresses de stations, dites aussi «unicast» :
 - ▶ une adresse unique par interface matérielle (une machine peut avoir plusieurs interfaces matérielles)
 - ▶ L'adresse d'une interface est affectée par son constructeur
 - ▶ L'adresses globale, dite aussi «broadcast»
 - ▶ Permet d'envoyer une trame à toutes les stations du réseau, en une seule opération
 - ▶ Les adresses de groupes, dites aussi «multicast»
 - ▶ Permettent d'adresser un groupe de stations

► Format IEEE-48

► 6 octets

- Les 3 premiers affectés au constructeur par l'IEEE (OUI : Organisation Unit Identifier)
- Les 3 derniers affectés par le constructeur

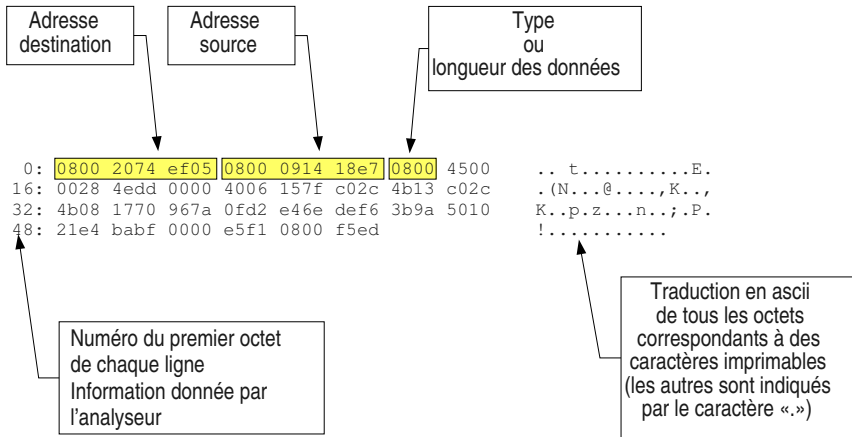


- ▶ Le groupe total : la diffusion ou broadcast
 - ▶ ff:ff:ff:ff:ff:ff : les 48 bits à 1
- ▶ Les groupes restreints : le multicast
 - ▶ Le bit de poids faible du premier octet est à 1
 - ▶ Quelques exemples :
 - ▶ 01:00:5E:xx:xx:xx : multicast IP
 - ▶ 01:80:C2:00:00:00 : spanning tree (protocole de gestion automatique des ponts et commutateurs)
 - ▶ 09:00:4E:00:00:02 : multicast IPX

- ▶ Quelques OUI
 - ▶ 08-00-07 Apple
 - ▶ 00-00-0C Cisco
 - ▶ 08-00-08 HP
 - ▶ 08-00-20 Sun
- ▶ Quelques adresses multicast
 - ▶ 01-00-5E-xx-xx-xx Multicast internet
 - ▶ 01-80-C2-00-00-00 spanning tree

Une trame Ethernet capturée par un analyseur

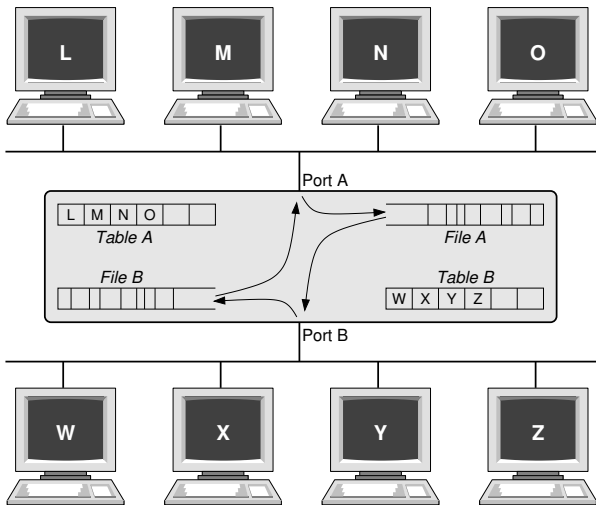
28/75



L'analyseur n'affiche pas le CRC

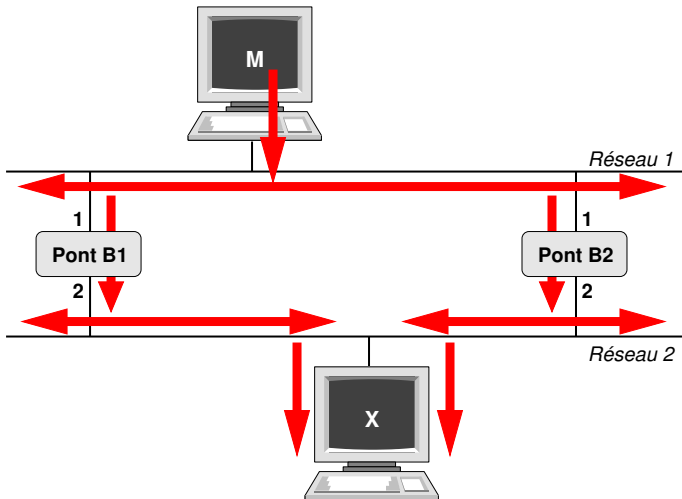
Interconnexion de réseaux locaux Ethernet : les ponts

29/75



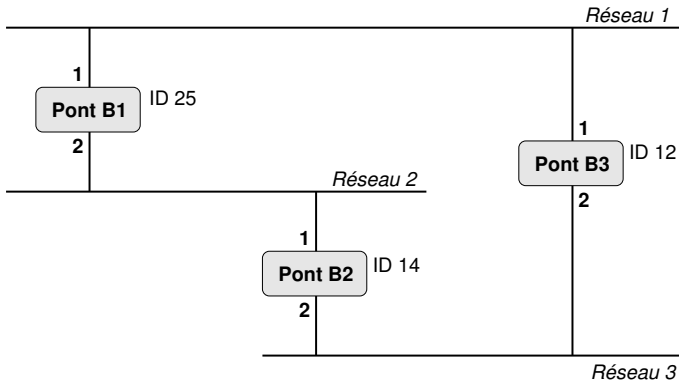
Ponts : attention aux boucles catastrophe assurée !

30/75

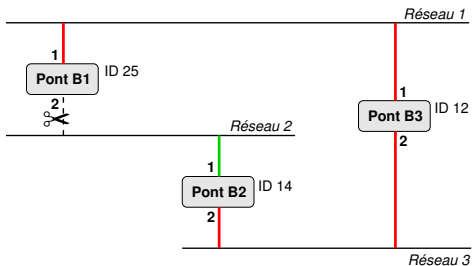
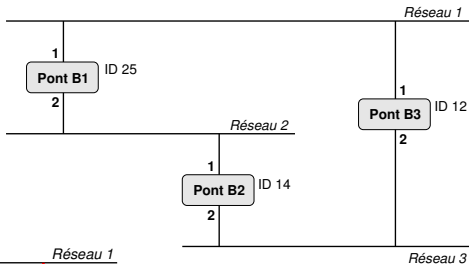


Éviter les boucles : Le mécanisme du «spanning tree»

31/75



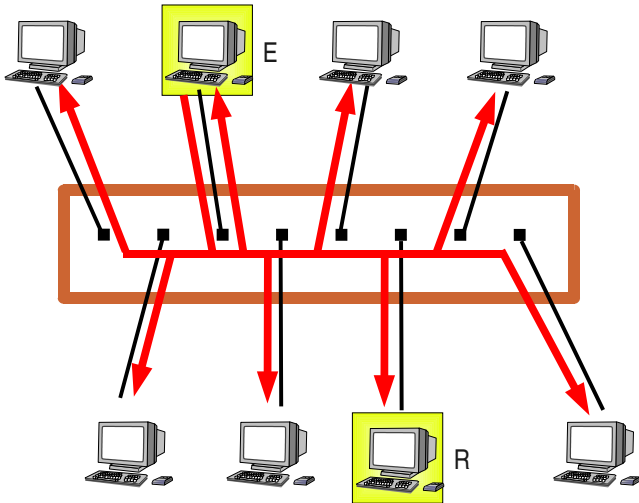
Avant



Après

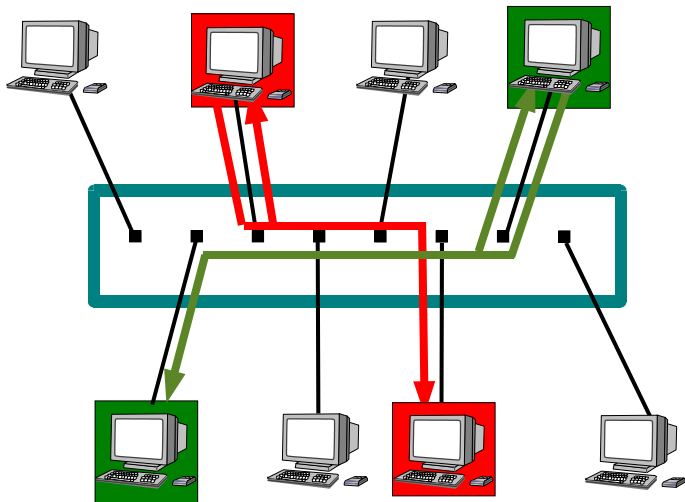
Le bus devient étoile : raccordement par hubs

33/75

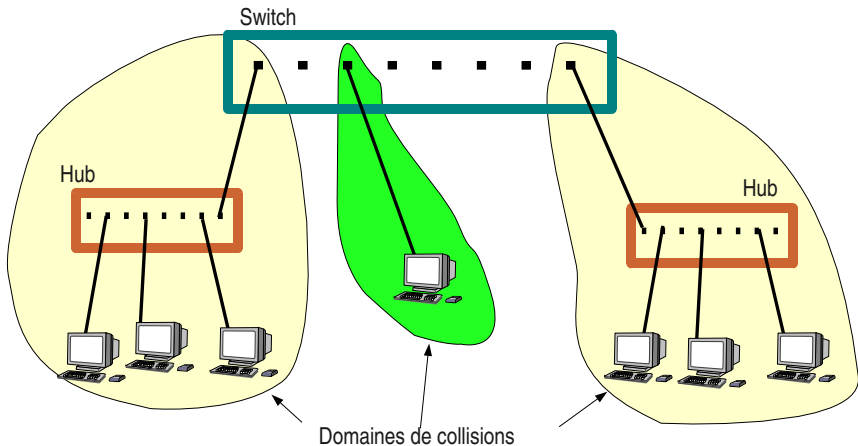


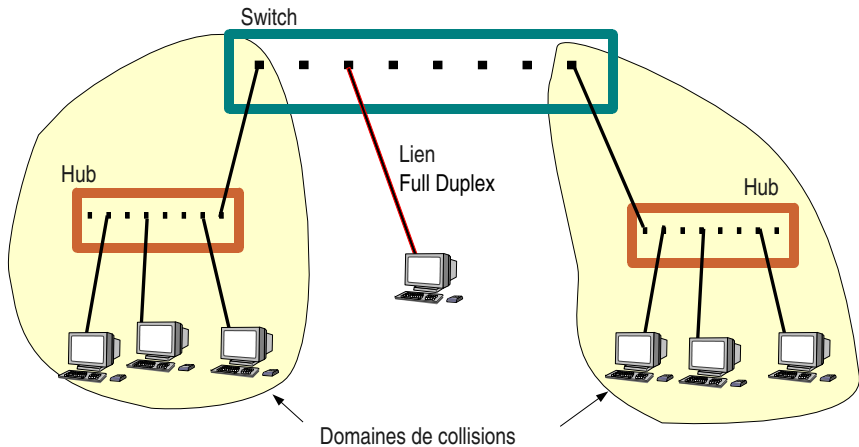
Le bus devient étoile : raccordement par commutateurs (switch)

34/75



Un switch est un pont multiports





Introduction

La technologie Ethernet

Fondements d'Ethernet

Les adresses MAC

Les VLANs

Évolutions

Dénomination

Câblage

Les autres techniques autour des LANs

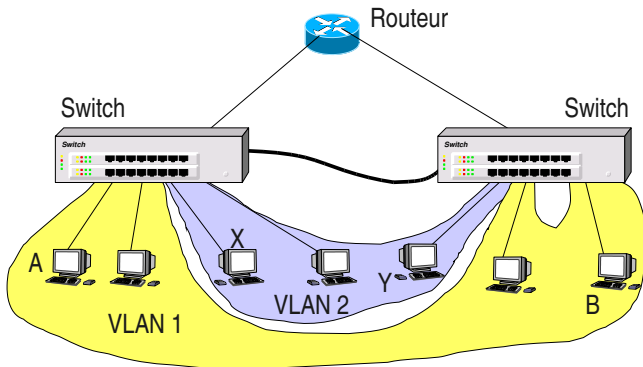
- ▶ Un VLAN est construit à l'aide des commutateurs dont on restreint les possibilités de commutation à des groupes de ports, la commutation peut être totale entre les membres d'un groupe mais devient impossible entre les membres de groupes différents

Un groupe définit un **domaine de broadcast**

domaine de broadcast \Leftrightarrow VLAN (plus petite commune définition)

- ▶ suivant les possibilités matérielles des switches, un VLAN peut être défini par **port**, par **adresse MAC**, par **adresse IP** (dans ce dernier cas, ce n'est toutefois pas assimilé à de la commutation niveau 3)

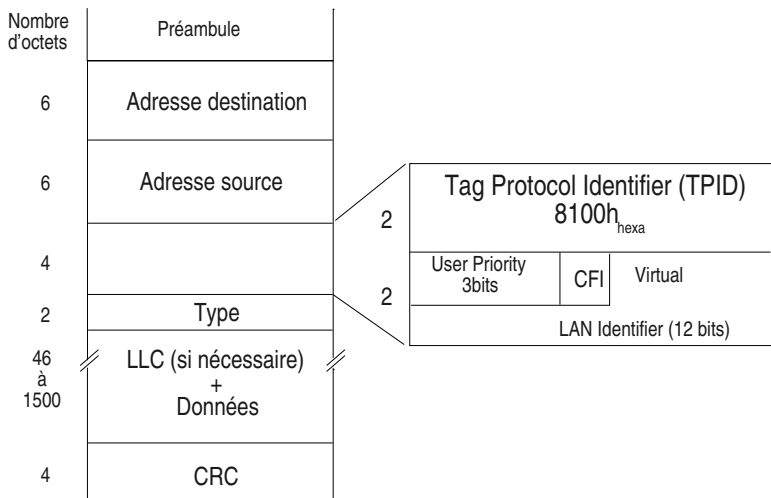
- ▶ routeur obligatoire entre VLANs, même s'il n'y a qu'un commutateur
- ▶ l'attribution d'un élément (port, adresse MAC, adresse IP) à un VLAN est réalisée par une opération de gestion
- ▶ un VLAN peut être réparti sur plusieurs commutateurs reliés entre eux
- ▶ l'interconnexion de switchs impose de marquer les trames sur les liens d'interconnexion afin de les associer à un VLAN.
Exemple figure suivante : les trames échangées entre A et B ou entre X et Y doivent être différenciées sur le lien entre les deux switchs. Solution : étiquetage des trames ; normes IEEE et solutions propriétaires



- ▶ Sur un commutateur ou plusieurs interconnectés
 - ▶ On subdivise l'espace d'interconnexion en sous espaces étanches
 - ▶ On construit ainsi une architecture logique sur une topologie physique
 - ▶ Standardisation : IEEE-802.1p et 1q

La trame Ethernet revisitée par IEEE-802.1p/q

41/75



- ▶ GARP : Generic Attribute Registration Protocol
 - ▶ mécanisme de signalisation permettant aux stations de fournir des indications (par des valeurs d'attributs) affectant les paramètres de filtrage des switches.
 - ▶ 3 attributs déjà définis :
 - ▶ groupe d'adresses MAC, facilite les mécanismes du multicast,
 - ▶ mode de filtrage des ports,
 - ▶ VLAN

- ▶ GMRP : Garp Multicast Registration Protocol
 - ▶ mécanisme permettant aux stations terminales et aux switches de s'enregistrer (et se retirer) comme participants à un groupe multicast et de diffuser cette information à l'ensemble de switches du réseau,
 - ▶ les switches utilisent cette information comme paramètre de filtrage,
 - ▶ utilise GARP comme protocole support.

Introduction

La technologie Ethernet

Fondements d'Ethernet

Les adresses MAC

Les VLANs

Évolutions

Dénomination

Câblage

Les autres techniques autour des LANs

- ▶ Années 80 : le 10Mb/s, 802.3, en bus sur câbles coaxiaux
- ▶ Années 90 :
 - ▶ 10Mb/s sur paires torsadées, raccordement sur hub
 - ▶ 100Mb/s
- ▶ Fin des années 90 : le 1000Mb/s
- ▶ Années 2000 : la 10Gb/s arrive
 - ▶ Support physique revisité, utilisation du support Sonet (OC192)
 - ▶ Distances visées : 40Km et plus
- ▶ Interopérabilité totale ascendante

- ▶ Le standard : ANSI/TIA/EIA 568 B
- ▶ Câbles à 4 paires torsadées, connecteurs RJ45
- ▶ Catégories
 - ▶ 5 : 100MHz, 100Mb/s sur 100m
 - ▶ 5e : 100 Mhz
 - ▶ 6 : 250MHz : 1Gb/s sur 100m
 - ▶ 7 : 600MHz : 10Gb/s sur 100m (15Gb/s sur 15m)
- ▶ Blindés ou écrantés
 - ▶ UTP : Unshielded Twisted Pair : non blindé
 - ▶ FTP : Foilded TP : écranté
 - ▶ STP : Shielded TP : blindé
 - ▶ SFTP : écranté et blindé

Introduction

La technologie Ethernet

Fondements d'Ethernet

Les adresses MAC

Les VLANs

Évolutions

Dénomination

Câblage

Les autres techniques autour des LANs

- ▶ Format : x BASE/BROAD y
 - ▶ x : le débit
 - ▶ BASE : bande de base, BROAD : large bande
 - ▶ y : indication sur la topologie (et/ou la longueur du câble)
- ▶ Bande de base :
 - ▶ Le 10 Mb/s
 - ▶ 10 BASE-5 : 10 Mb/s, topologie en bus constitué de segments de 500m
 - ▶ 10 BASE-2 : 10Mb/s, topologie en bus constitué de segments de 185m
 - ▶ 10 BASE-T : 10Mb/s, topologie en étoile, câbles en paires torsadées (T pour *Twisted pair*), longueur 100m

- ▶ Le 100Mb/s
 - ▶ 100BASE-T4 : 4 paires utilisées, catégorie 3 à 5
 - ▶ 100BASE-TX : 2 paires torsadée, catégorie 5
 - ▶ 100BASE-FX : 2 fibre optique
- ▶ Le 1000Mb/s
 - ▶ 1000BASE-LX : fibre optique, grande (Long) longueur d'onde
 - ▶ 1000BASE-SX : fibre optique, courte (Short) longueur d'onde
 - ▶ 1000BASE-CX : paire torsadée, 25m max
 - ▶ 1000BASE-TX : 4 paires torsadées de catégorie 5

Introduction

La technologie Ethernet

Fondements d'Ethernet

Les adresses MAC

Les VLANs

Évolutions

Dénomination

Câblage

Les autres techniques autour des LANs

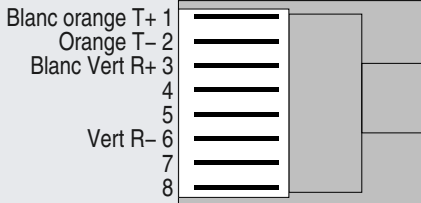
Les câblages : les câbles catégorie 5 et leurs connecteurs

50/75

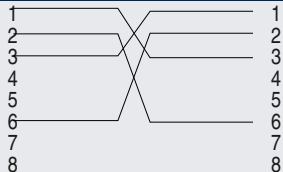
- ▶ Les câbles sont classés par catégories en fonction de leurs caractéristiques (en particulier les débits maximum)
- ▶ Aujourd'hui on recommande la catégorie 5 voire 5e ou 6 pour des câblages cuivre permettant d'atteindre le 100Mb/s

Les câbles pour le 10BASE-T et 100BASE-T (EIA/TIA 568 A)

La prise RJ45



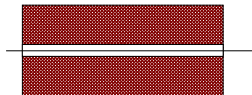
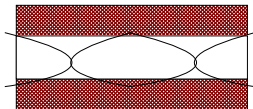
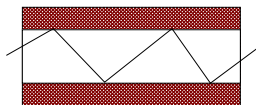
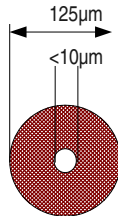
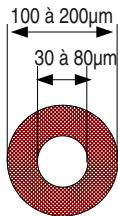
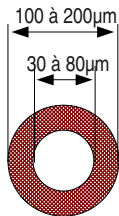
Câble croisé (interconnexion de machines hubs switches)



Multimode

Gradient d'indice

Monomode



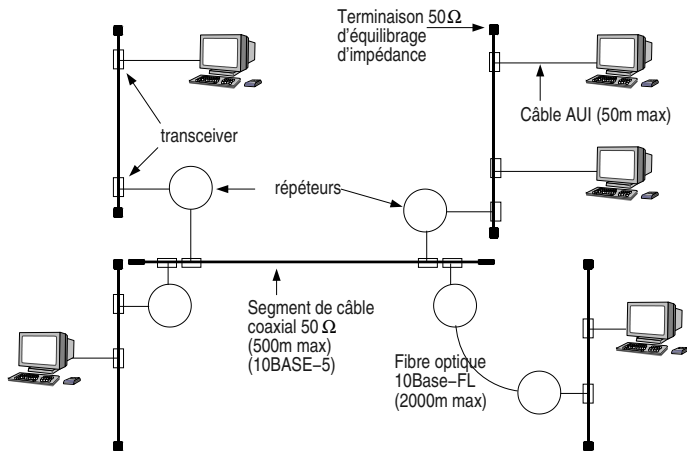
Transceiver	Fiber Diameter (microns)	Bandwidth (MHz*km)	Minimum Range (meters)
1000BASE-SX	MM 62.5	160	2-220
	MM 62.5	200	2-275
	MM 50	400	2-500
	MM 50	500	2-550
1000BASE-LX	MM 62.5	500	2-550
	MM 50	400	2-550
	MM 50	500	2-550
	SM 9	NA	2-5000

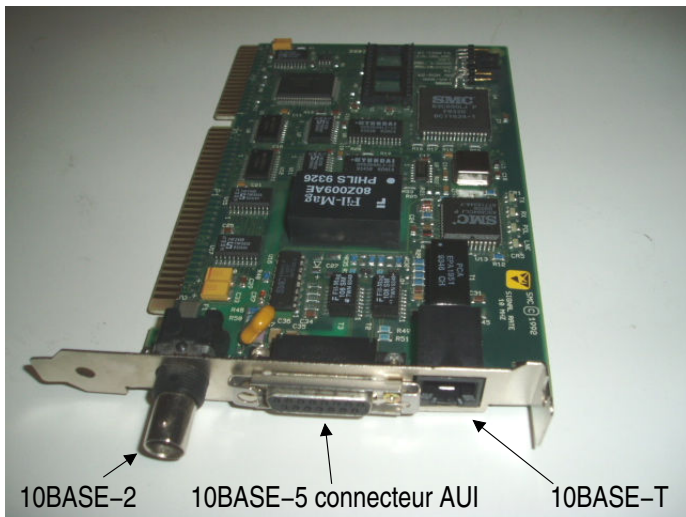
Transceiver	Fiber Diameter (microns)	Wavelength (nm)	Minimum Range (meters)
1000BASE-LH (Extended distance)	SM 9	1310	1 km - 49 km
1000BASE-LH (Extended distance)	SM 9	1550	50 km - 100 km

- ▶ 1000 BASE-SX : (S pour Short), $\lambda = 850nm$, codage en ligne 8B/10B
- ▶ 1000 BASE-LX : (L pour long), $1270nm < \lambda < 1355nm$, codage en ligne 8B/10B
- ▶ 1000 BASE-LH (Long Haul), fibre mono mode (SM : Single Mode), 9

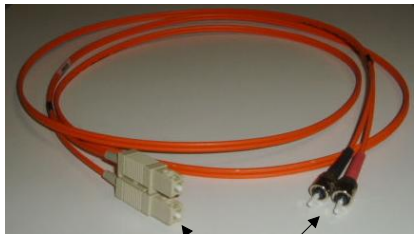
- ▶ Les hubs et les switches acceptent aujourd'hui les deux débits de base 10Mb/s et 100Mb/s
- ▶ Les switches comportant des ports à 1Gb/s se généralisent
 - ▶ Un mécanisme d'autonégociation entre les extrémités dce la liaison permettent de détecter le débit maximal accepté (10 ou 100, 1000)
 - ▶ L'autonégociation permet aussi de détecter la possibilité du full-duplex et de contrôle de flux

- ▶ Disponible sur certains commutateurs
- ▶ Trames «pause»
 - ▶ Adresse multicast 01-80-c2-00-00-01
 - ▶ Type 0x8808
 - ▶ Information : sur deux octets (<65536), contient le nombre de «pause_times» (périodes de 512 bits)
 - ▶ Indiquent la durée pendant laquelle l'extrémité ne désire pas recevoir de nouvelle trame



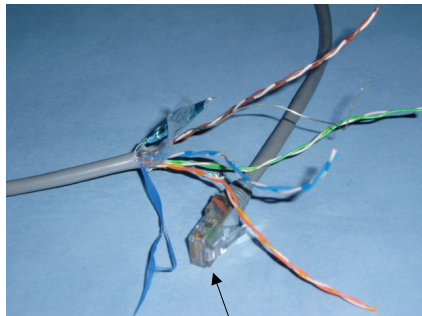


Fibre optique



Connecteurs SC et TS

Paires torsadées

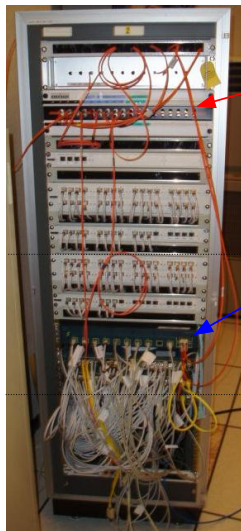


Connecteur RJ45



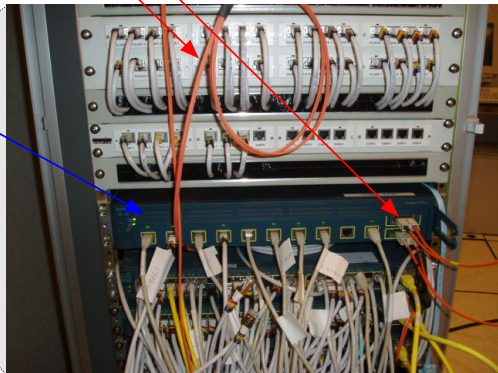
Une baie de brassage de câbles

58/75



Fibres optique

Switch



- ▶ Les commutateurs de bas de gamme ne s'administrent pas
- ▶ On peut se connecter sur les autres
 - ▶ Par port série dédié (et hyper-terminal sous Windows ou minicom sous linux)
 - ▶ Par telnet sur une adresse IP configurée dans l'appareil
 - ▶ Par page Web sur une adresse IP configurée dans l'appareil
 - ▶ Par SNMP
- ▶ Les actions d'administration peuvent être
 - ▶ Mettre en place ou inhiber la fonction spanning-tree et gérer cette fonction (priorités du switch, QoS, ...)
 - ▶ Mettre en place et gérer des VLANs
 - ▶ Monitorer des ports
 - ▶ Surveiller les adresses MACs enregistrées
 - ▶ Surveiller le trafic

Introduction

La technologie Ethernet

Les autres techniques autour des LANs

Introduction

La technologie Ethernet

Les autres techniques autour des LANs

- Le sans fil IEEE-802.11 (WiFi : Wireless Fidelity)

- Les courants porteurs

- Autres

- La couche LLC

- ▶ Canal radio à 2,4GHz (5GHz pour 802.11a)
 - ▶ 11b : jusqu'à 11Mb/s – 11g : jusqu'à 54 Mb/s
 - ▶ Distance relativement courte : une centaine de mètres dans de bonnes conditions de propagation, ce qui est rarement le cas en intérieur
- ▶ Méthode d'accès au médium : CSMA/CA
 - ▶ Les collisions sont évitées par un mécanisme de délai avant d'émettre
- ▶ Contrôle d'accès
 - ▶ Sécurité possible avec chiffrement : Wired Equivalent Privacy (Wep)
- ▶ Type d'application :
 - ▶ raccordement de mobiles à des réseaux de type LAN dans les entreprises et lieux publics

Introduction

La technologie Ethernet

Les autres techniques autour des LANs

Le sans fil IEEE-802.11 (WiFi : Wireless Fidelity)

Les courants porteurs

Autres

La couche LLC

- ▶ CPL : courant porteur en ligne
 - ▶ Le réseau d'alimentation électrique est le medium
 - ▶ Interfaçage simple avec Ethernet ou USB : le câble catégorie 5/RJ45 est relié à une prise spéciale enfilant une prise de courant
 - ▶ Débits annoncés : 5-20 Mb/s
 - ▶ Des produits arrivent annonçant 200Mb/s (théorique)!
 - ▶ Modulation en ligne OFDM (certains utilisent CDMA)
 - ▶ Solutions propriétaires, pas de compatibilité entre produits
 - ▶ Pourtant un standard : Home Plug
 - ▶ Des travaux à l'ETSI
 - ▶ Applications : «émulation Ethernet», raccordement de quartiers résidentiels, d'entreprises, etc...



Introduction

La technologie Ethernet




Les autres techniques autour des LANs

Le sans fil IEEE-802.11 (WiFi : Wireless Fidelity)

Les courants porteurs

Autres

La couche LLC

- ▶ Les PANs : Personal Area Network
 - ▶ Très courtes distances
 - ▶ Typiquement :  Bluetooth®  ZigBee®
 - ▶ Interconnexion de petits portables (téléphones, PDAs, etc.), domotique (capteurs, actionneurs)
 - ▶ Standardisation en cours : IEEE-802.15
- ▶ Les bus spécialisés
 - ▶ USB
 - ▶ IEEE-1394  (FireWire ou iLink selon les constructeurs)
 - ▶ Raccordement d'appareils multimédia (caméra vidéo numériques, audio)
 - ▶ Canaux synchrones et asynchrones
 - ▶ 800Mb/s
 - ▶ Distance : 100m annoncée entre nœuds et hubs (4,5m en standard)
 - ▶ En standard sur les PCs aujourd'hui

Introduction

La technologie Ethernet

Les autres techniques autour des LANs

Le sans fil IEEE-802.11 (WiFi : Wireless Fidelity)

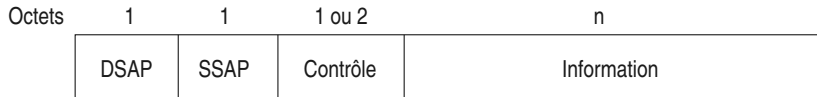
Les courants porteurs

Autres

La couche LLC

- ▶ Permet de combler les manques de la couche MAC par rapport au niveau 2 OSI standard (si nécessaire)
- ▶ Permet d'indiquer le SAP du protocole véhiculé dans les données utiles de la trame MAC

- ▶ Trois types LLC
 - ▶ LLC type 1 : mode datagramme, sert uniquement à véhiculer le SAP des données utiles
 - ▶ LLC type 2 : mode connecté, en plus de la fonctionnalité du type 1 on assure des contrôles identiques au HDLC LAPB (avec numérotation des trames modulo 128 : champ contrôle sur 2 octets), sert à véhiculer des paquets X25 par exemple
 - ▶ LLC type 3 : mode datagramme avec acquittement. Prévu pour les réseaux industriels



Codage des DSAP et SSAP

Bits



SSAP : si 1, indique une
trame de commande ou réponse

DSAP : 0 → SSAP unique
1 → SSAP de groupe

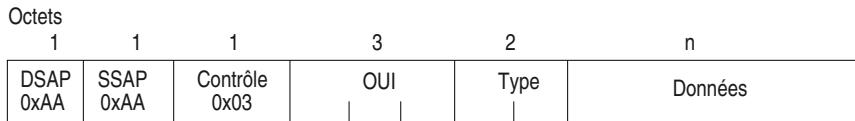
0 : SAP local attribué par le
gestionnaire du réseau

1 : SAP global attribué par un
organisme officiel

- ▶ 0x06 : IP
- ▶ 0x42 : Spanning Tree
- ▶ 0x7E : X25
- ▶ 0xE0 : Novell IPX
- ▶ 0xAA : SNAP (voir plus loin)

- ▶ LLC type 1
 - ▶ Le champ contrôle est codé sur un octet et vaut 0x03
- ▶ LLC type 2
 - ▶ Format identique au champ contrôle (ou commande) de HDLC LAPB
 - ▶ Trames numérotées modulo 128
 - ▶ Longueur du champ : 2 octets pour les rames I, RR, RNR et REJ
 - ▶ La trame d'établissement de la connexion s'appelle SABME (Set Asynchronous Balanced Mode *Extended*)

- ▶ SNAP : Sub Network Access Protocol
- ▶ Les champs DSAP et SSAP standards sont trop courts
 - ▶ Le champ type de la trame Ethernet pur est très bien...
 - ▶ Si on le réutilisait... En le plaçant après le champ contrôle ?
 - ▶ Oui mais sa longueur n'est que de deux octets !
 - ▶ Le tout ferait donc 5 octets (Contrôle sur 1 octet), ce n'est pas optimum pour une architecture 32 bits (l'architecture de la plupart de nos machines encore pour l'instant)
 - ▶ Et si on complétait à 8 octets en rajoutant l'OUI du concepteur du protocole ?



- ▶ DSAP = SSAP = 0xAA
- ▶ Contrôle = 0x03 (trame UI : Unnumbered Information)
- ▶ OUI : code attribué par l'IEEE à la société créatrice du protocole. Identique aux 3 octets de début des adresses Ethernet. Souvent à 0
- ▶ Type : identifie le protocole : identique au champ Type de la trame Ethernet

```
0: 0900 07ff ffff 0040 9c00 0294 0022 aaaa .....@....."..  
16: 0308 0007 809b 001a 0000 0000 03e8 ffe1 .....  
32: 0101 0103 e808 e103 e880 03e8 8201 9400 .....
```

```
0: 0180 c200 0000 0000 1d07 2c63 0026 4242 .....,c.&BB  
16: 0300 0000 8000 0000 0000 0000 0000 0000 .....  
32: 0000 0000 0000 00c0 0f00 0050 0000 0000 .....P....  
48: 0000 0000 .....
```