



IMT Atlantique

Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Cybersécurité des systèmes

maritimes et portuaires

La couche liaison

Christophe Lohr
2021

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

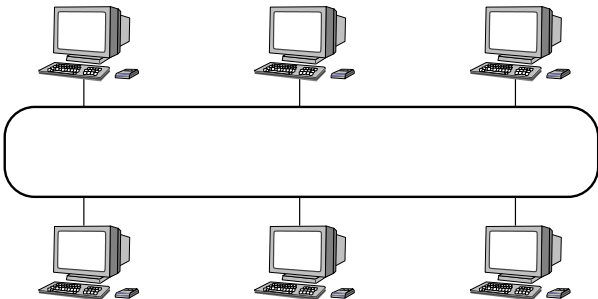
- ▶ Les réseaux locaux : LAN : Local Area Network
 - ▶ Réseaux d'entreprise
 - ▶ Courtes distances : de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres
- ▶ Les réseaux métropolitains : MAN : Metropolitan Area Network
 - ▶ Interconnexion de réseaux locaux
 - ▶ Quelques dizaines à quelques centaines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

Bus

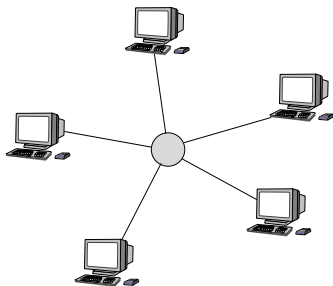


Remarque : un canal radio partagé peut être considéré comme un bus

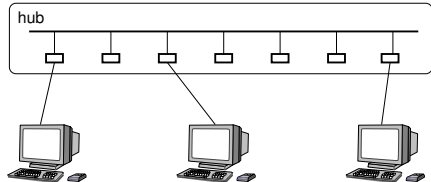
Anneau



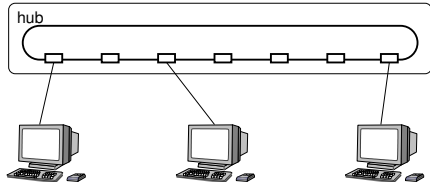
Étoile



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

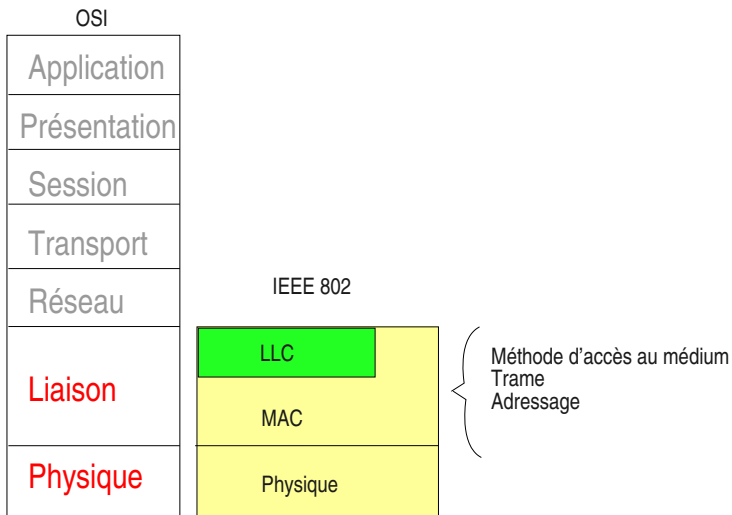
- ▶ Tout le monde partage le canal sans priorité
- ▶ Chaque station peut, à priori, émettre lorsqu'elle le désire
 - ▶ Il en résulte des collisions
 - ▶ Il faut gérer le problème des collisions
 - . Algorithme spécifique de contention (CSMA CD ou CA...)
 - . Émulation d'un anneau logique

▶ 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

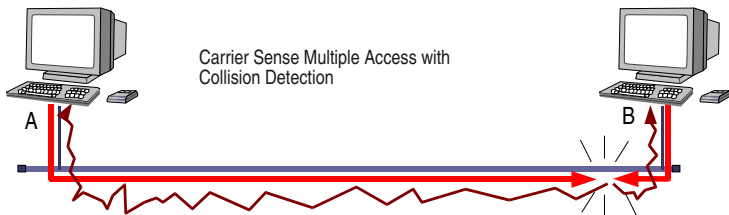
- Dénomination

- 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

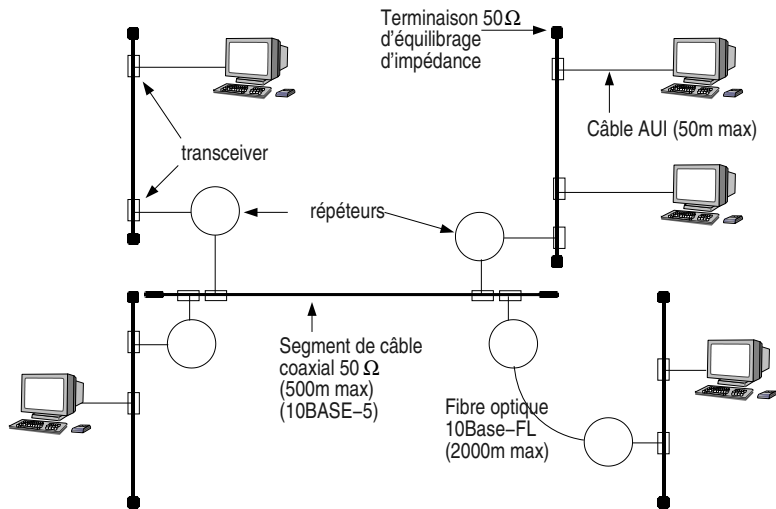
Ou encore : quelle est la distance maximale entre deux stations ?

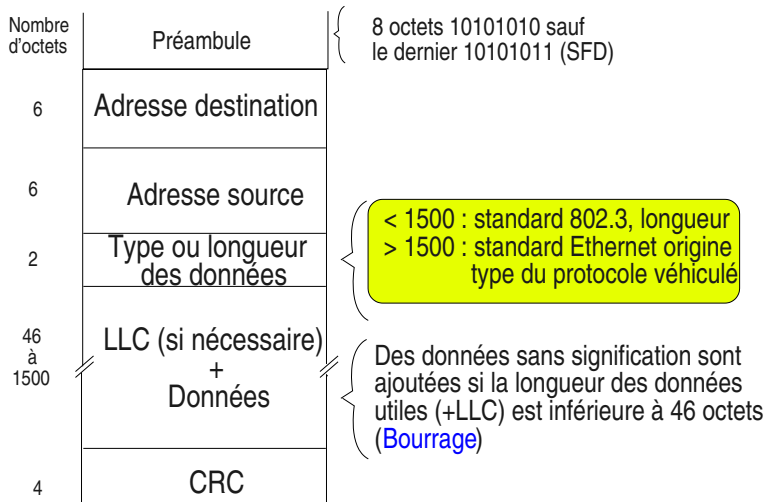
- ▶ Pour détecter une collision il faut que les deux stations soient encore en émission lorsque le signal de collision leur revient
- ▶ Cas le plus défavorable : elles sont situées aux deux extrémités du réseau et la station B émet un court instant avant que le signal de A ne lui parvienne. La collision 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 $9,6\mu s$
- ▶ Tentatives de réémission en cas de collision : 16





- ▶ C'est un datagramme
 - ▶ Elle contient l'adresse de la station destinataire 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

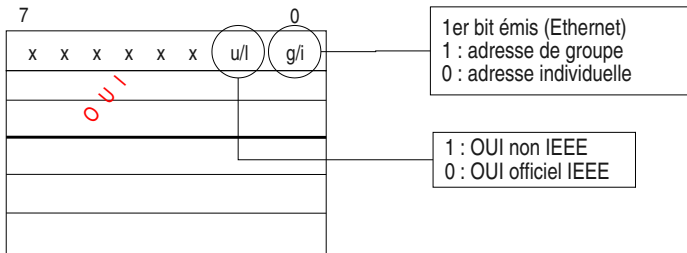
Les autres techniques autour des LANs

- ▶ 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

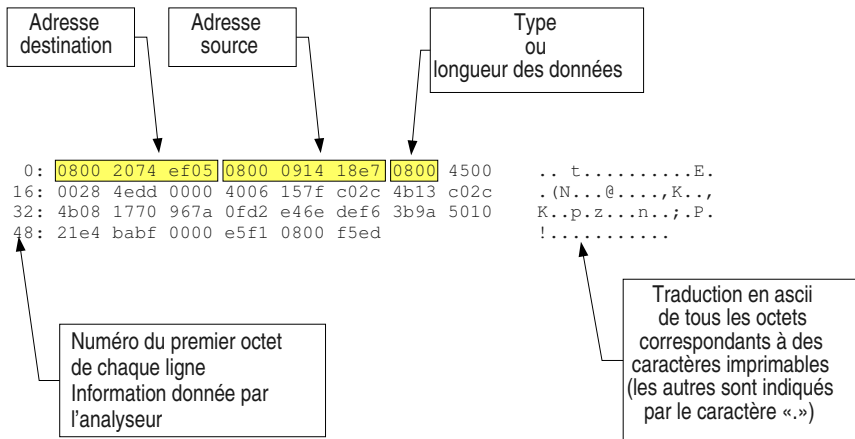


- ▶ Le groupe total : la diffusion ou broadcast
 - ▶ ff:ff:ff:ff:ff:ff: les 48 bits à 1
- ▶ Les groupes restreints : le multicast
 - ▶ Le bit de poids faible du premier octet est à 1
 - ▶ Quelques exemples :
 - ▶ 01:00:5E:xx:xx:xx: multicast IP
 - ▶ 01:80:C2:00:00:00: spanning tree (protocole de gestion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

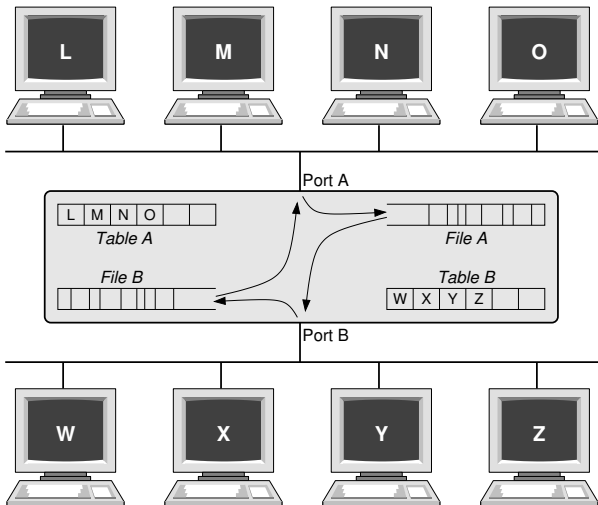
28/75



L'analyseur n'affiche pas le CRC

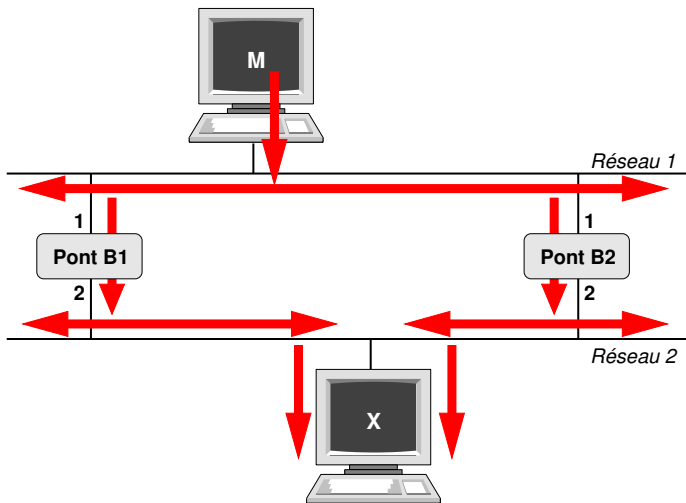
Interconnexion de réseaux locaux Ethernet : les ponts

29/75



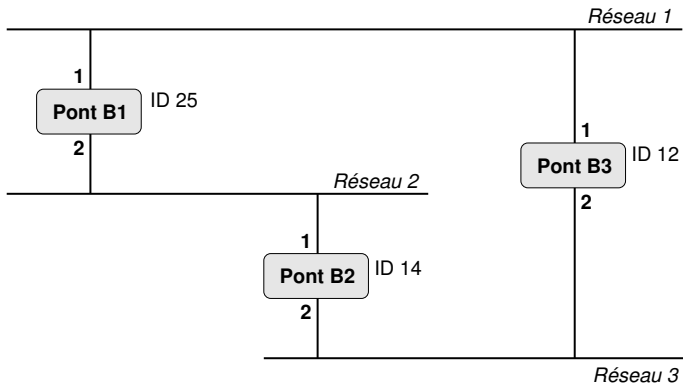
Ponts : attention aux boucles catastrophe assurée !

30/75

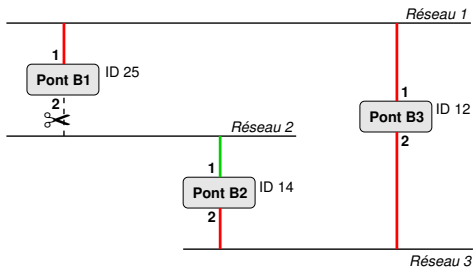
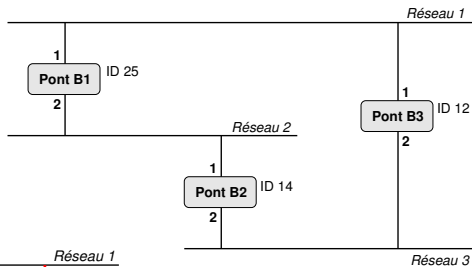


Éviter les boucles : Le mécanisme du «spanning tree»

31/75



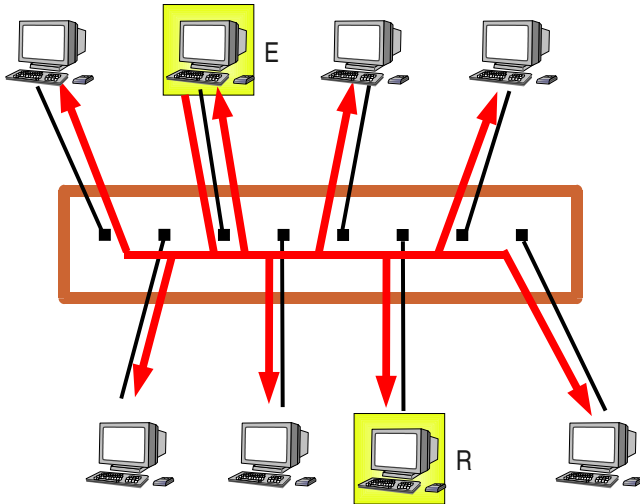
Avant



Après

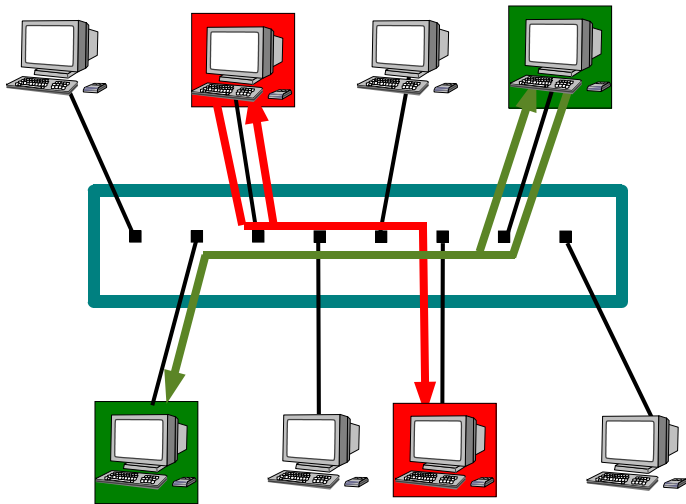
Le bus devient étoile : raccordement par hubs

33/75

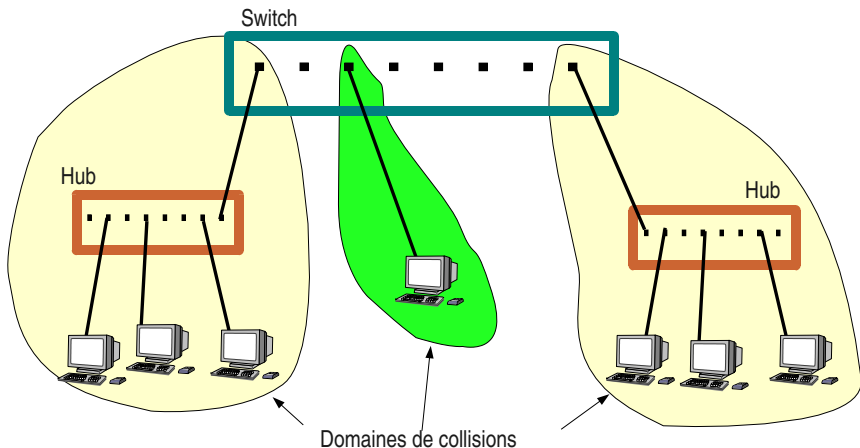


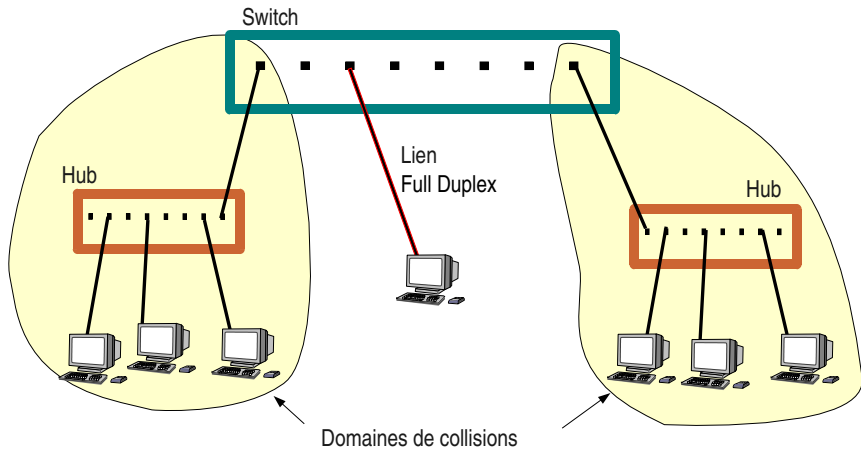
Le bus devient étoile : raccordement par commutateurs (switch)

34/75



Un switch est un pont multiports





Introduction

La technologie Ethernet

Fondements d'Ethernet

Les adresses MAC

Les VLANs

Évolutions

Dénomination

Câblage

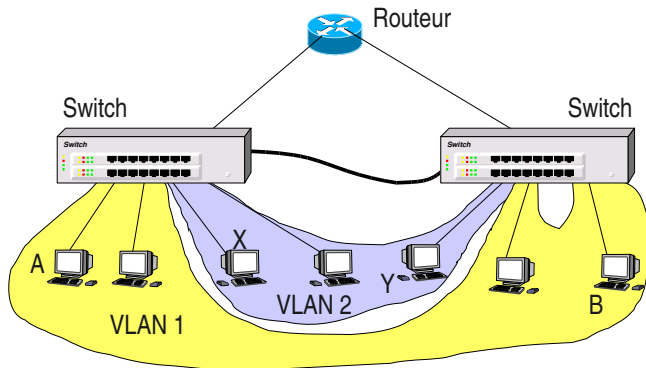
Les autres techniques autour des LANs

- ▶ 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)

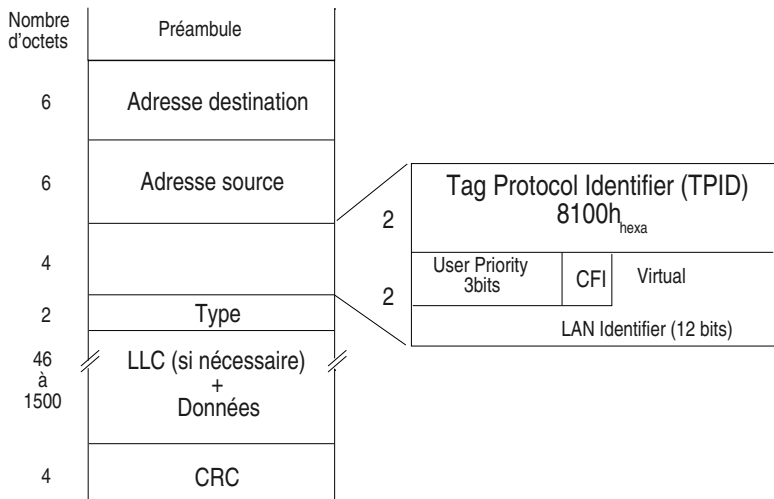
- ▶ routeur obligatoire entre VLANs, même s'il n'y a qu'un commutateur
- ▶ l'attribution d'un élément (port, adresse MAC, adresse IP) à un VLAN est réalisée par une opération de gestion
- ▶ un VLAN peut être réparti sur plusieurs commutateurs reliés entre eux
- ▶ l'interconnexion de switchs impose de 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

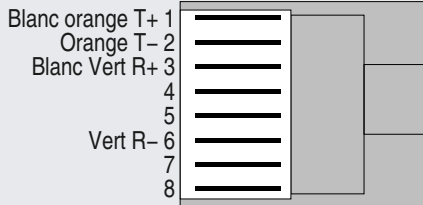
Les câblages : les câbles catégorie 5 et leurs connecteurs

50/75

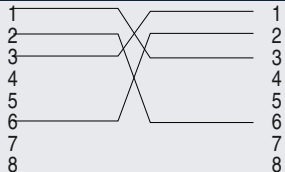
- ▶ Les câbles sont classés par catégories en fonction de leurs caractéristiques (en particulier les débits maximum)
- ▶ Aujourd'hui on recommande la catégorie 5 voire 5e ou 6 pour des câblages cuivre permettant d'atteindre le 100Mb/s

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

La prise RJ45



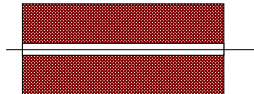
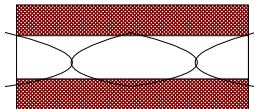
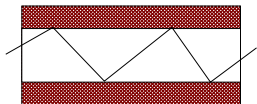
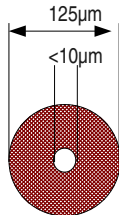
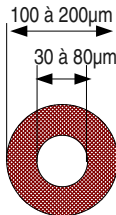
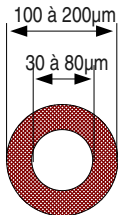
Câble croisé (interconnexion de machines hubs switches)



Multimode

Gradient d'indice

Monomode



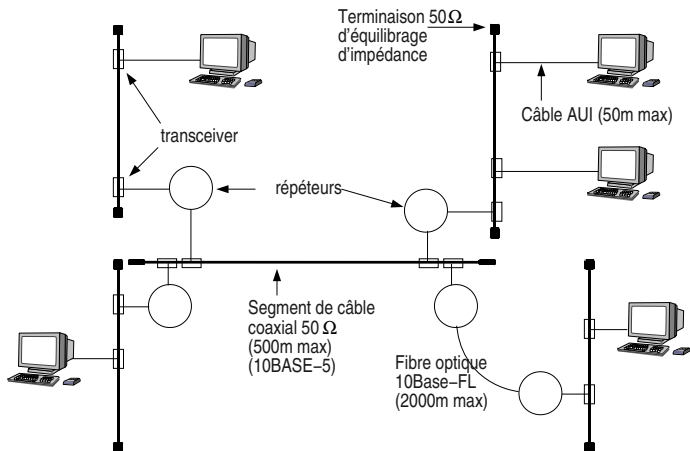
Transceiver	Fiber Diameter (microns)	Bandwidth (MHz*km)	Minimum Range (meters)
1000BASE-SX	MM 62.5	160	2-220
	MM 62.5	200	2-275
	MM 50	400	2-500
	MM 50	500	2-550
1000BASE-LX	MM 62.5	500	2-550
	MM 50	400	2-550
	MM 50	500	2-550
	SM 9	NA	2-5000

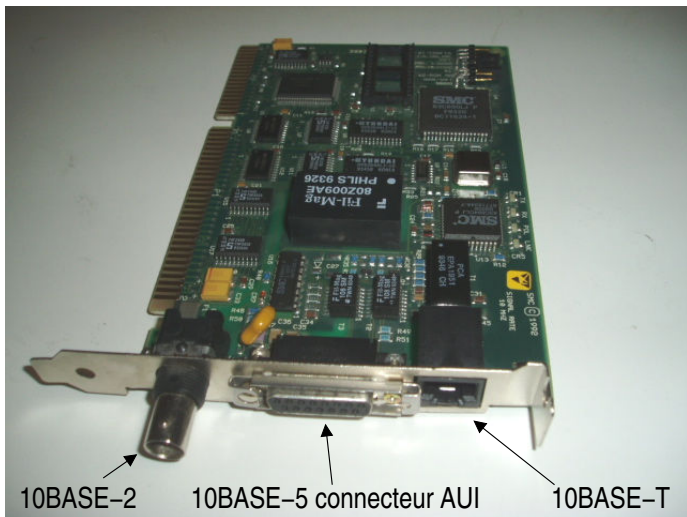
Transceiver	Fiber Diameter (microns)	Wavelength (nm)	Minimum Range (meters)
1000BASE-LH (Extended distance)	SM 9	1310	1 km - 49 km
1000BASE-LH (Extended distance)	SM 9	1550	50 km - 100 km

- ▶ 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), 9μ

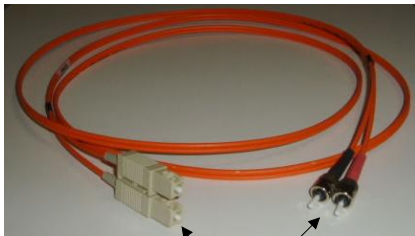
- ▶ Les hubs et les switches acceptent aujourd'hui les deux débits de base 10Mb/s et 100Mb/s
- ▶ Les switches comportant des ports à 1Gb/s se généralisent
 - ▶ Un mécanisme d'autonégociation entre les extrémités dce la liaison permettent de détecter le débit maximal accepté (10 ou 100, 1000)
 - ▶ L'autonégociation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



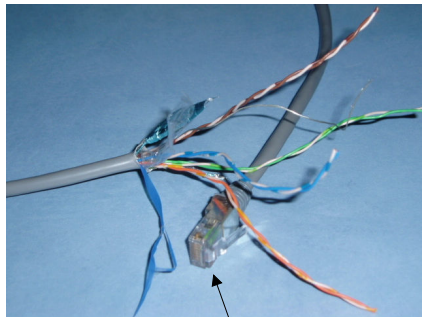


Fibre optique



Connecteurs SC et TS

Paires torsadées

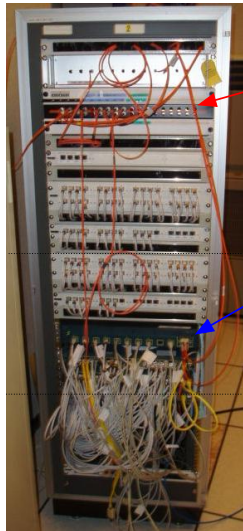


Connecteur RJ45



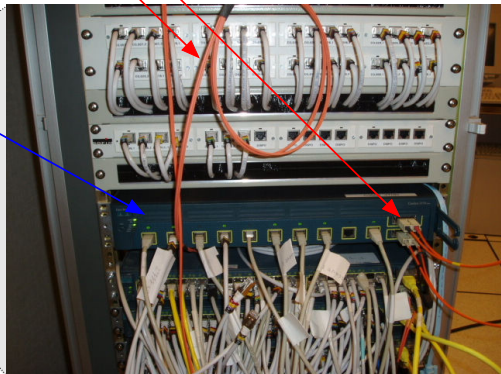
Une baie de brassage de câbles

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)

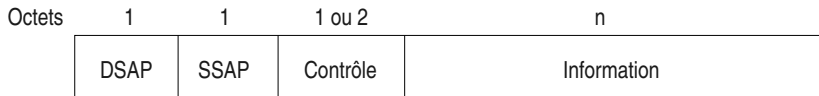
Les courants porteurs

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

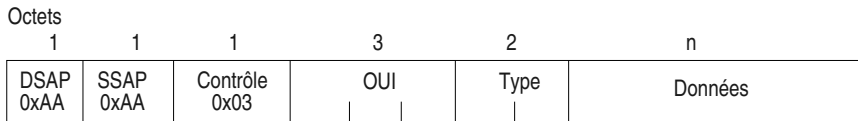
0 : SAP local attribué par le
gestionnaire du réseau

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 .....
```