

Réseaux informatiques

RXI

Chapitre 4

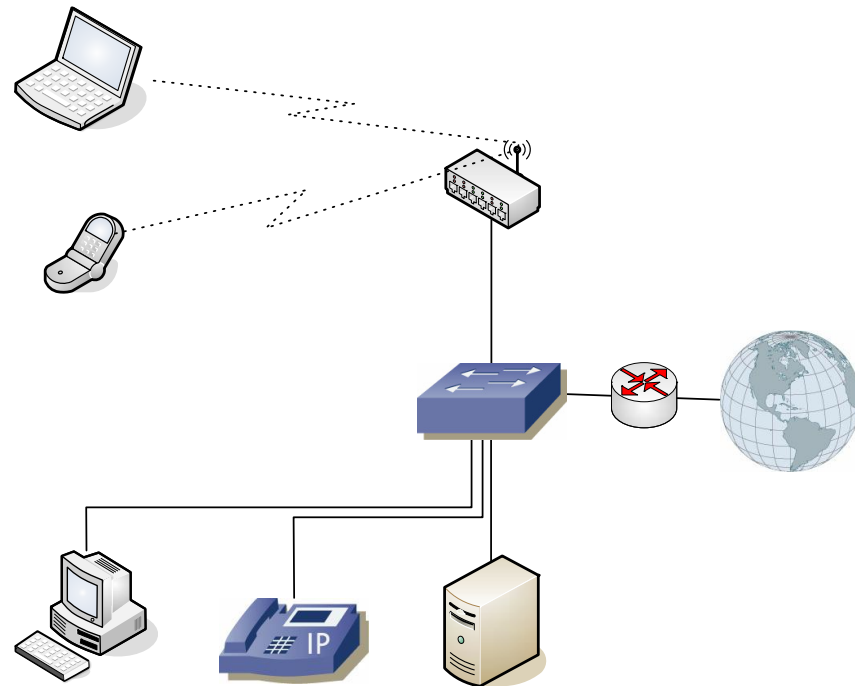
Réseaux locaux

Objectifs d'apprentissage

- Savoir interpréter le contenu des champs de l'en-tête Ethernet
- Savoir expliquer les caractéristiques d'une adresse MAC
- Savoir expliquer la méthode d'acheminement d'une trame selon l'adresse MAC destinataire (table de filtrage)

Réseaux locaux

- LAN : *Local Area Network*
 - Réseaux dans les entreprises et à domicile
 - Interconnectent les PC, serveurs, imprimantes, smartphones, etc à courte distance
- Technologies principales
 - Ethernet
 - Wifi
- Particularités
 - Haut débit (Mb/s à Gb/s)
 - Multicast / Broadcast : envoi de paquets en diffusion est important



Ethernet

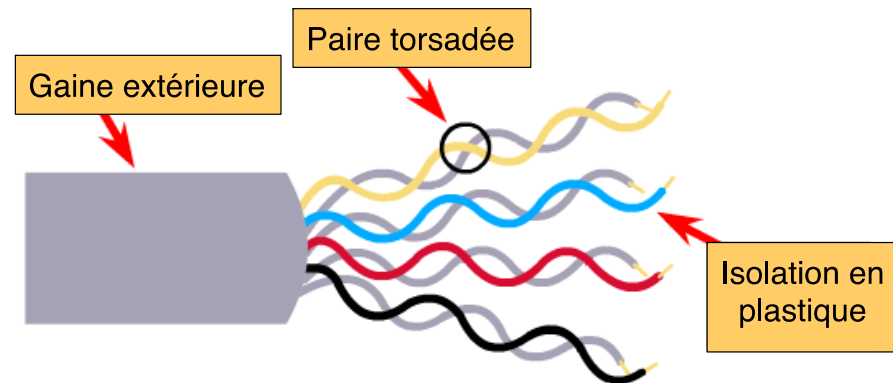
- Technologie LAN la plus importante
- Initialement conçu comme bus, sur un câble coaxial partagé
- Aujourd'hui exclusivement en étoile, avec un switch qui interconnectent les stations

Type	Débit	Support principal	Remarque
FastEthernet	100 Mb/s	Câble UTP électrique	En train de disparaître
Gigabit-Ethernet	1 Gb/s	Câble UTP électrique (ou fibre optique)	Le plus courant actuellement
10/25/50/... Gigabit-Ethernet	10/25/50/... Gb/s	Fibre optique	Utilisé dans les centres de calcul

Câblage Ethernet

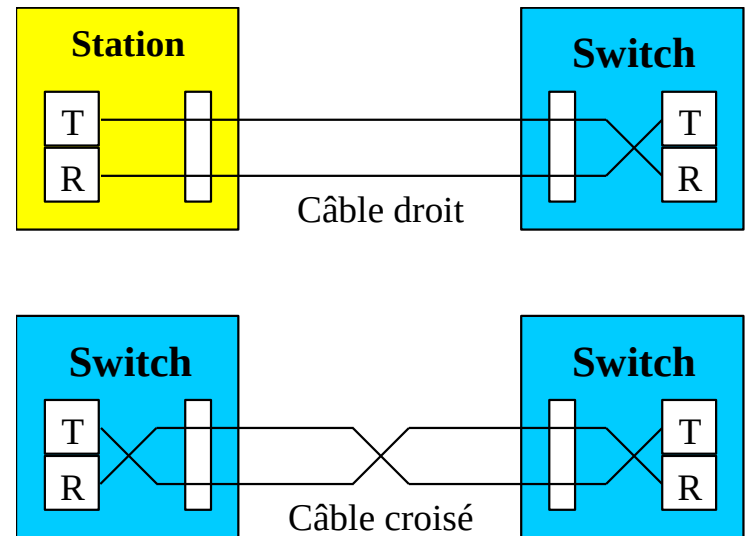
UTP (*Unshielded Twisted Pair*)

- Comprend 4 paires torsadées non blindées
 - En 10 Mb/s et 100 Mb/s, seulement 2 paires sont utilisés
 - En Gb-Ethernet, 4 paires sont utilisés
 - Longueur jusqu'à 100 m
- Différentes catégories:
 - Cat. 3: jusqu'à 10 Mb/s
 - Cat. 5: jusqu'à 100 Mb/s
 - Cat. 5e, 6, 7, ...: Gigabit-Ethernet



Croisement

- La paire de transmission de la source doit être la paire de réception du destinataire
 - Croisement des paires nécessaire
- Les switches effectuent un **croisement interne** des paires
- Utiliser un **câble croisé**
 - pour la connexion directe entre PCs ou routeurs
 - pour la connexion directe entre switches
- Aujourd'hui, les switches effectuent l'auto-croisement des interfaces si nécessaire (appelé MDI/MDI-X)

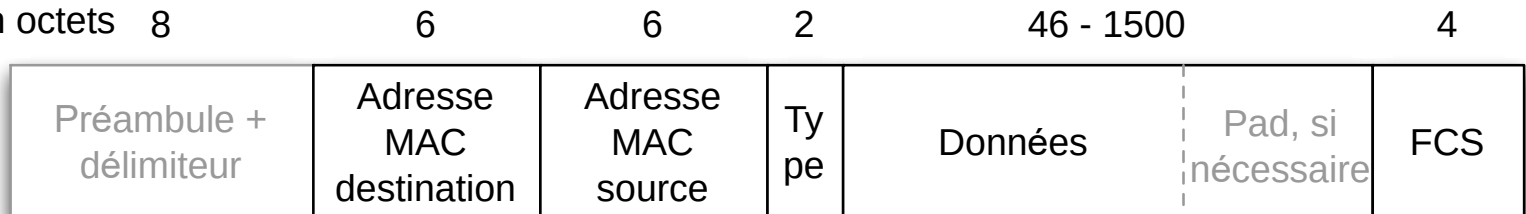


Trames Ethernet

- Ethernet (émetteur) reçoit les données de la couche supérieure et les encapsule dans une trame Ethernet
- Ethernet (récepteur) reçoit la trame de la couche physique, contrôle les en-têtes et passe les données à la couche supérieur
- Il existe **deux formats incompatibles**
 - Presque toutes le cartes réseau envoie le format **Ethernet II**
 - Mais elles comprennent aussi le format **802.3**

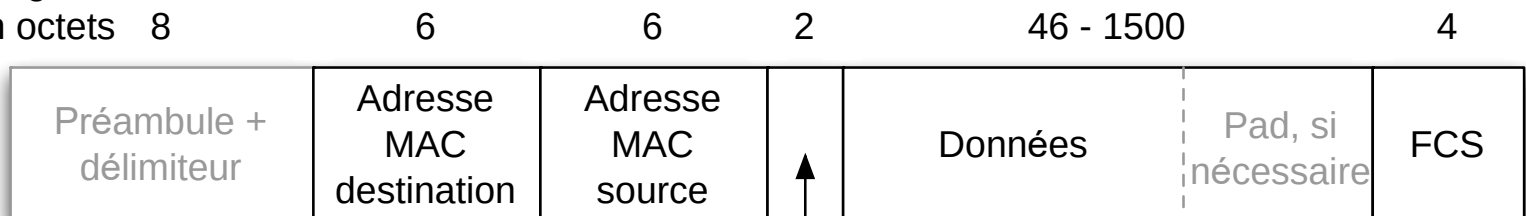
Longueur
en octets

Ethernet II



Longueur
en octets

802.3



Longueur des données

Trame Ethernet II

Préambule et délimiteur

- 7 octets 10101010, dernier octet 10101011
- Permet au récepteur de synchroniser son horloge pour garantir la bonne réception

Longueur

en octets

8

6

6

2

46 - 1500

4

Préambule + délimiteur	Adresse MAC destination	Adresse MAC source	Ty pe	Données	Pad, si nécessaire	FCS
---------------------------	-------------------------------	--------------------------	----------	---------	-----------------------	-----

Trame Ethernet II

Adresse MAC destination

- La carte réseau du récepteur vérifie si la trame est adressée à son adresse MAC
- Les switchs utilisent l'adresse MAC de destination pour envoyer la trame sur la bonne interface de sortie

Adresse MAC source

- Permet au récepteur de répondre à l'émetteur

Longueur

en octets

8

6

6

2

46 - 1500

4

Préambule + délimiteur	Adresse MAC destination	Adresse MAC source	Ty pe	Données	Pad, si nécessaire	FCS
---------------------------	-------------------------------	--------------------------	----------	---------	-----------------------	-----

Trame Ethernet II

Type

- Indique le protocole de la couche supérieure
 - Les données seront passées à ce protocole

Exemples

- IPv4 : 0x0800
- IPv6 : 0x86DD
- ARP : 0x0806

Longueur

en octets

8

6

6

2

46 - 1500

4

Préambule + délimiteur	Adresse MAC destination	Adresse MAC source	Type	Données	Pad, si nécessaire	FCS
---------------------------	-------------------------------	--------------------------	------	---------	-----------------------	-----

Trame Ethernet II

Données

- Une trame peut transporter jusqu'à 1500 octets de données
- Les données doivent avoir une longueur minimum de 46 octets
- Si les données sont plus courtes de 46 octets, des octets de remplissage (*pad*) sont ajoutées

Longueur

en octets

8

6

6

2

46 - 1500

4

Préambule + délimiteur	Adresse MAC destination	Adresse MAC source	Ty pe	Données	Pad, si nécessaire	FCS
---------------------------	-------------------------------	--------------------------	----------	---------	-----------------------	-----

Trame Ethernet II

Somme de contrôle (*frame control sequence*)

- La trame se termine par une somme de contrôle sur 32 bits
- Elle est calculée par l'algorithme CRC-32
- Les récepteurs et les switches intermédiaires la vérifient et éliminent les trames erronées
- **Ethernet n'effectue pas de retransmission de trames erronées**

Longueur

en octets

8

6

6

2

46 - 1500

4

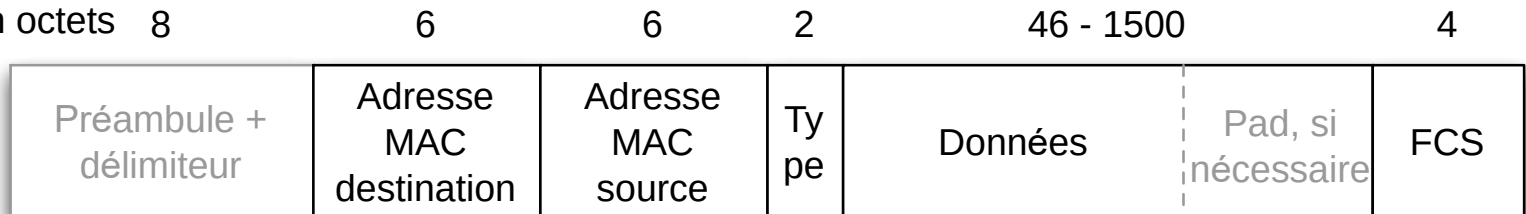
Préambule + délimiteur	Adresse MAC destination	Adresse MAC source	Typ e	Données	Pad, si nécessaire	FCS
---------------------------	-------------------------------	--------------------------	----------	---------	-----------------------	-----

Trames Ethernet

- Ethernet (émetteur) reçoit les données de la couche supérieure et les encapsule dans une trame Ethernet
- Ethernet (récepteur) reçoit la trame de la couche physique, contrôle les en-têtes et passe les données à la couche supérieur
- Il existe **deux formats incompatibles**
 - Presque toutes le cartes réseau envoie le format **Ethernet II**
 - Mais elles comprennent aussi le format **802.3**

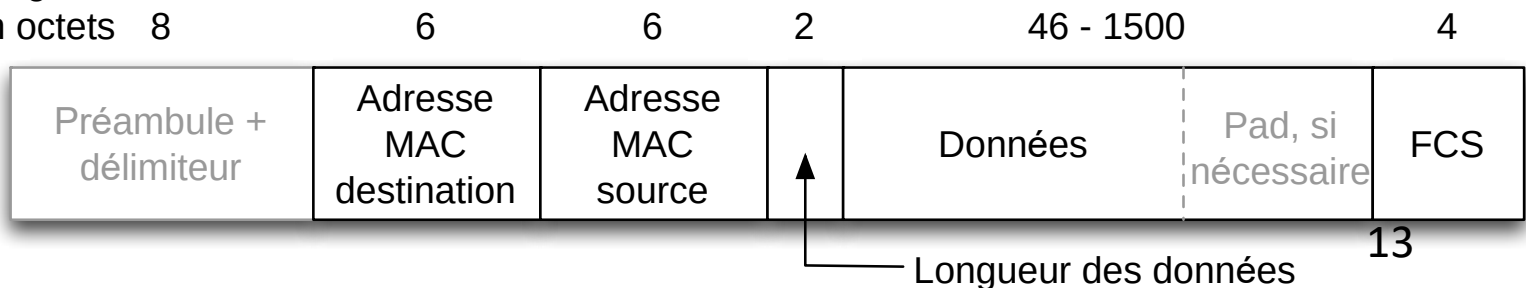
Longueur
en octets

Ethernet II



Longueur
en octets

802.3



Adresses MAC

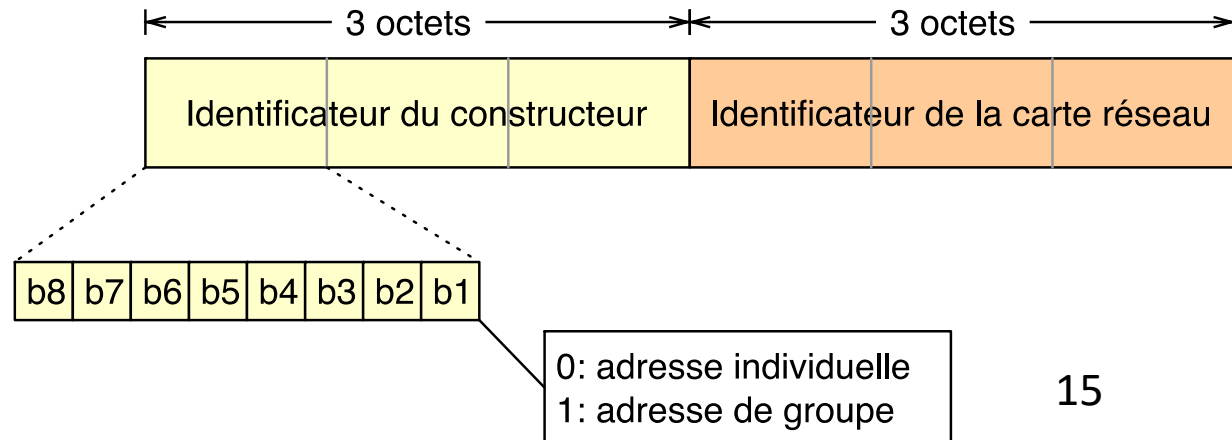
- Adresse physique d'une carte réseau
 - **Unique** : Toutes les cartes de réseau ont une adresse différente
 - **Fixe** : configurée dans la mémoire ROM de la carte
- Format : 48 bits (6 octets) en notation hexadécimale
 - Par exemple C8:2A:14:25:CD:BF
- Structure
 - 3 premiers octets : Identification du constructeur
 - 00:00:0C:xx:xx:xx: Cisco
 - 00:02:B3:xx:xx:xx: Intel
 - 3 derniers octets : Identification de la carte (gérée par le constructeur)

Adresses MAC de groupe

- Le bit le moins significatif du premier octet indique une adresse de groupe
 - Adresse broadcast ou adresse multicast

Adresse broadcast (diffusion)

- Adresse **FF:FF:FF:FF:FF:FF**
- Les cartes réseau écoutent cette adresse et les stations doivent traiter les trames reçues
- Utilisé par exemple pour requêtes DHCP

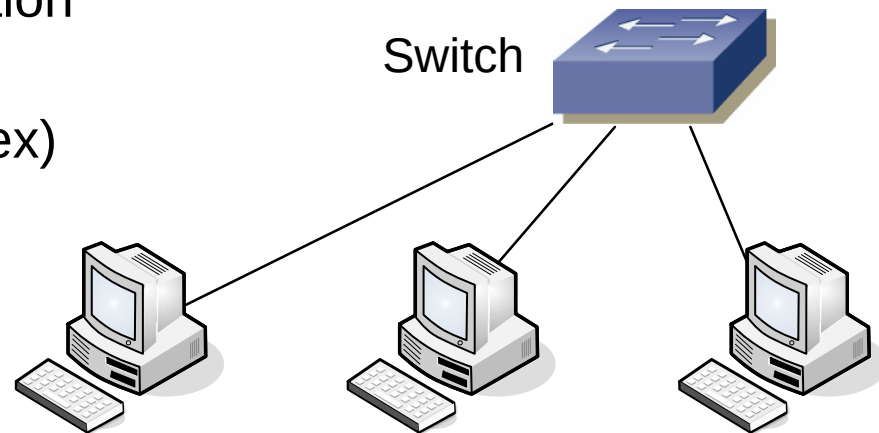


Ethernet avec un switch

- Les réseaux locaux modernes utilisent des switches Ethernet
- Un switch travaille à la couche 2
 - Il connaît le format des trames et peut interpréter les adresses MAC (source et destination)
 - Il reçoit une trame, l'analyse et la transmet plus loin

Avantages

- Un **canal dédié** dans chaque direction
- Chaque interface peut émettre et recevoir au même temps (full duplex)
- Un switch peut transmettre une trame vers le bon destinataire, sans l'envoyer sur les autres ports

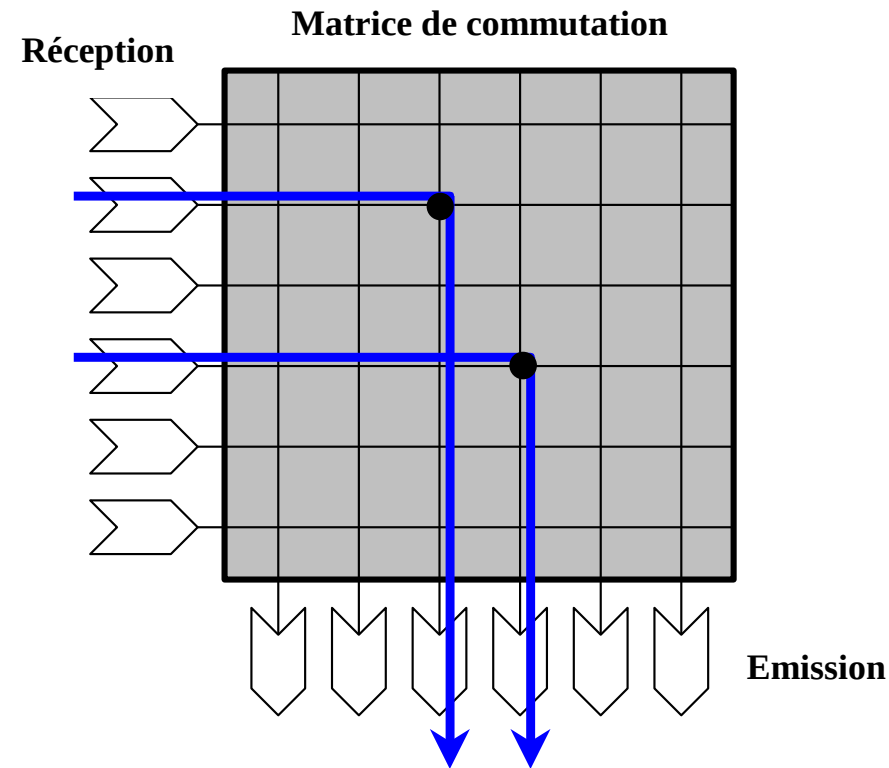


Fonctions d'un switch Ethernet

- Commutation de trames
 - Réception, contrôle et envoi de plusieurs trames en parallèle
- Acheminement vers le destinataire
 - Apprentissage dynamique de la structure du réseau
- Arbre recouvrant (spanning tree)
 - Désactivation de certains liens pour éviter des boucles
- Réseaux LAN virtuelles
 - Séparation d'un LAN en plusieurs VLAN
- Autres fonctions
 - Power-over-Ethernet (alimentation électrique des stations)
 - Mécanismes de sécurité
 - ...

Commutation de trames

- Port:
 - Composé d'un récepteur et d'un émetteur
 - Connecté à une matrice de commutation
- Les ports sont indépendants les uns des autres
 - Plusieurs trames peuvent être commutées simultanément
 - Pas de collisions entre les trames de différents ports, contrairement à un bus

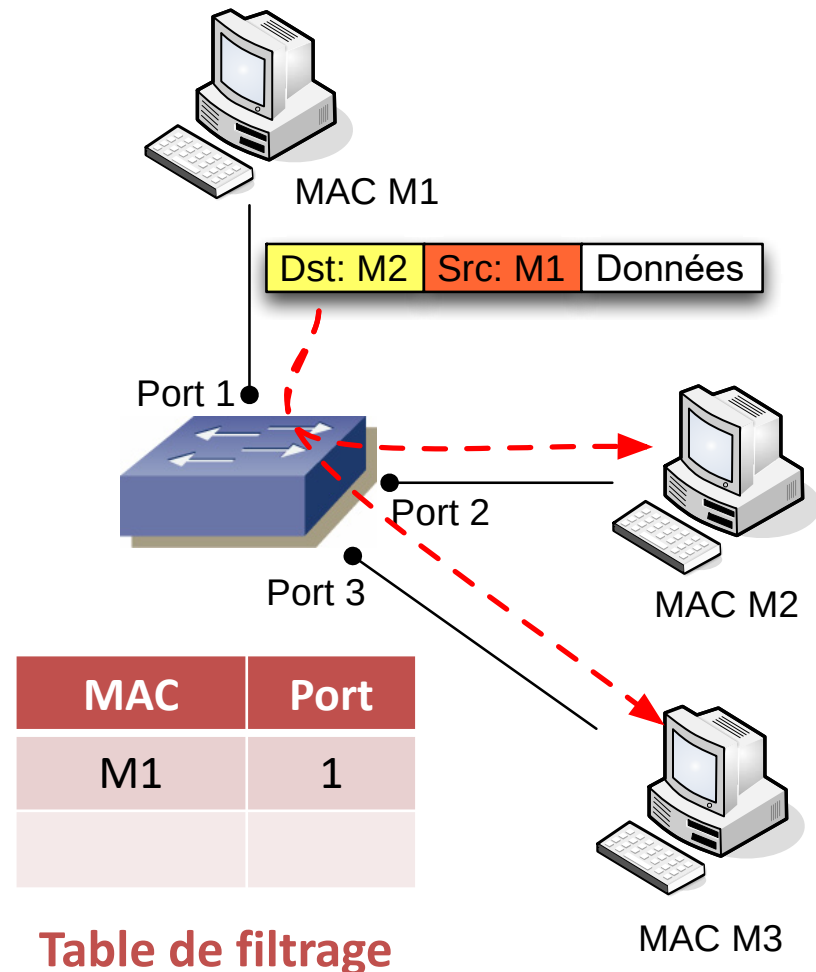


Acheminement de trames

- Un switch Ethernet doit fonctionner sans aucune configuration
- Un switch essaie d'envoyer les trames seulement en direction du destinataire
 - Réduction du trafic sur le réseau
- Nécessite une **table de filtrage** qui indique le port de sortie pour chaque adresse MAC
 - Aussi appelé « table CAM », mais jamais « table de routage »
- Si une adresse MAC destination est inconnue, le switch envoie la trame sur toutes les sorties

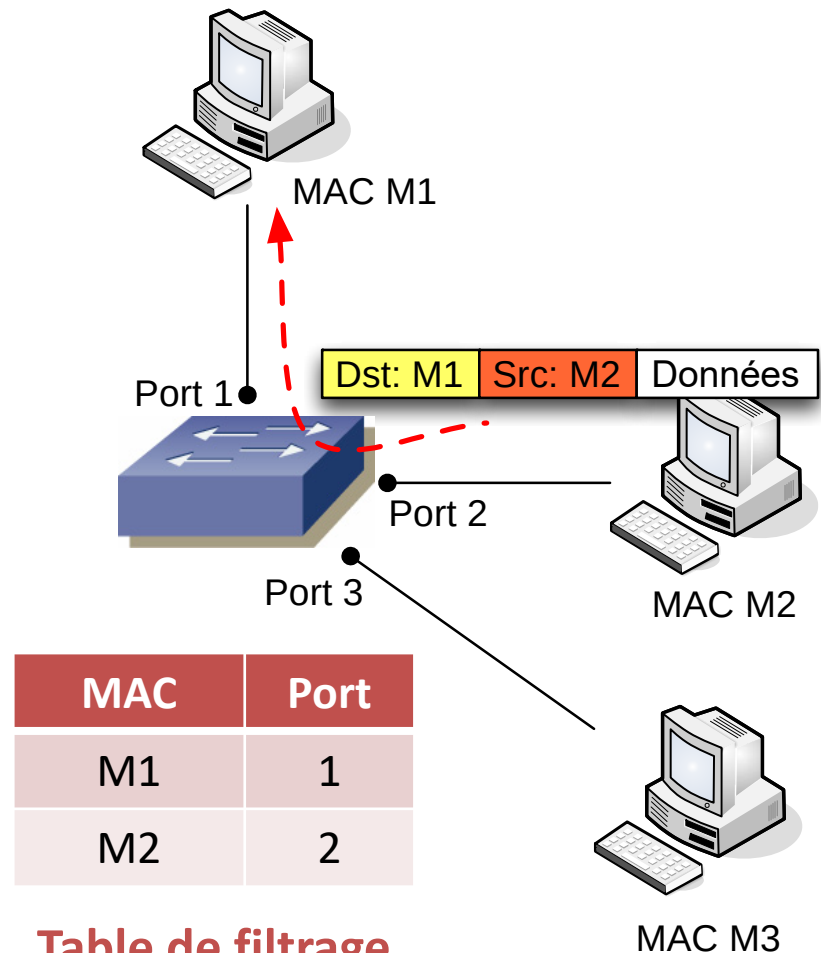
Remplissage de la table de filtrage

- Au début, la table de filtrage du switch est vide
- Il doit diffuser la trame sur toutes les sorties (inondation du réseau)
- Le switch inspecte l'adresse source de la trame
- Il apprend que M1 se trouve derrière port 1



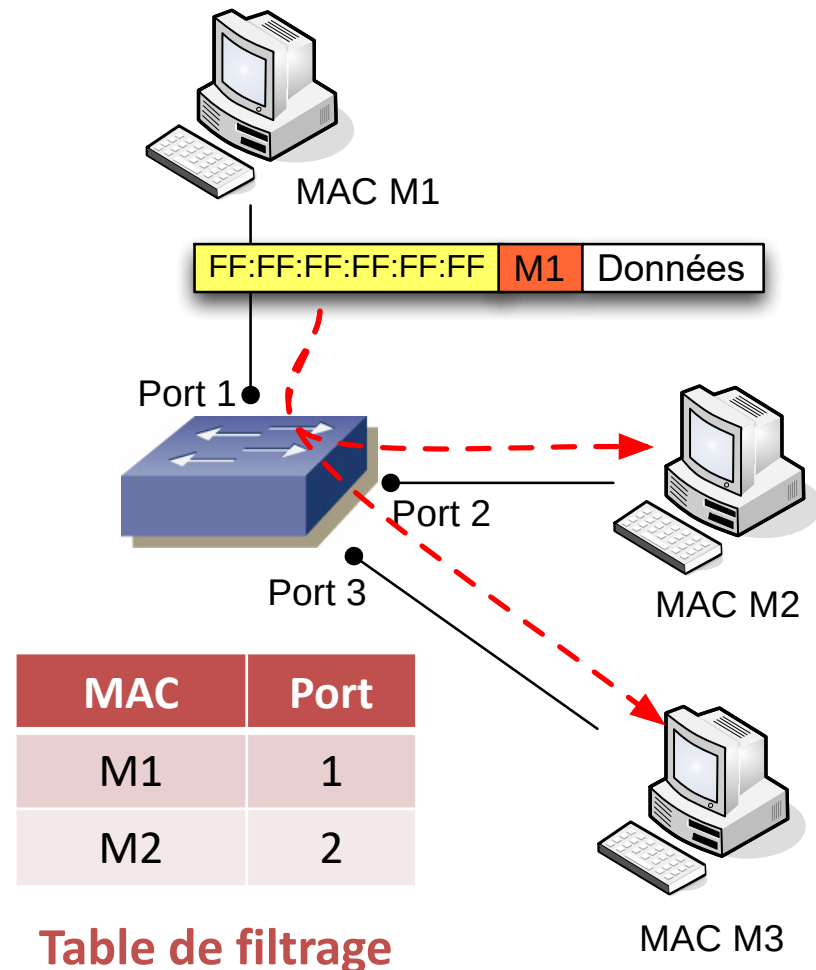
Remplissage de la table de filtrage

- Quand M2 répond, le switch connaît déjà le port pour M1
- Il transmet la trame uniquement sur port 1
- Il inspecte l'adresse source de la trame
- Il apprend que M2 se trouve derrière port 2



Remplissage de la table de filtrage

- Les trames broadcast sont toujours envoyées sur toutes les sorties



Ethernet sur un médium partagé

- Initialement, Ethernet a été conçu comme bus, donc avec un **médium partagé**
 - Une seule transmission est possible à chaque instant
 - Si deux stations transmettent au même moment, une collision se produit
 - La collision rend les bits illisibles pour les récepteurs

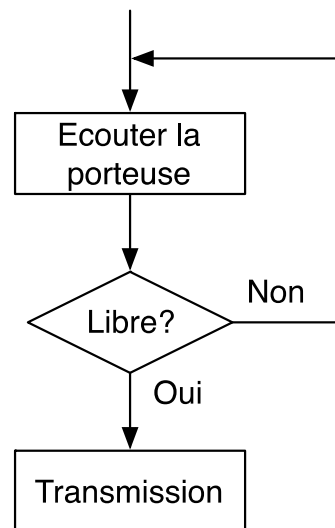
Exemples

- Bus partagé : câble coaxial ou hub
- Canal radio : Wifi

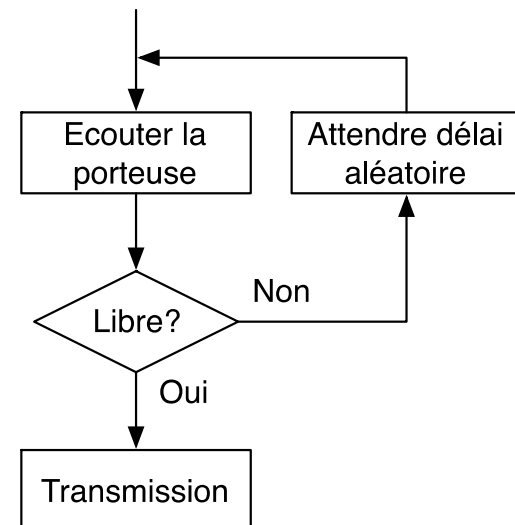
Accès au médium partagé: méthode CSMA

- Lors de l'utilisation d'un médium partagé, une méthode est nécessaire pour décider qui peut transmettre
 - Cette méthode doit minimiser les collisions
- Sur un médium partagé, Ethernet utilise un protocole de type CSMA : *Carrier Sense – Multiple Access*
 - *Carrier Sense* : écouter si le canal est libre avant de transmettre
 - *Multiple Access* : partage du même canal de transmission

CSMA persistant



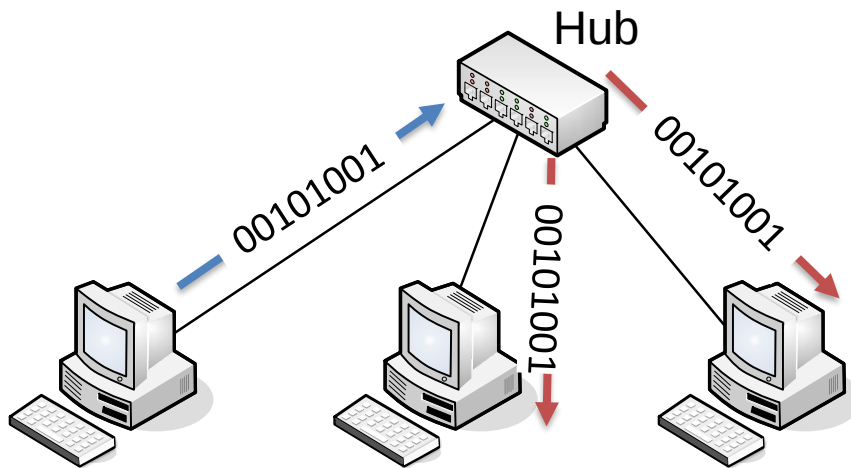
CSMA non persistant



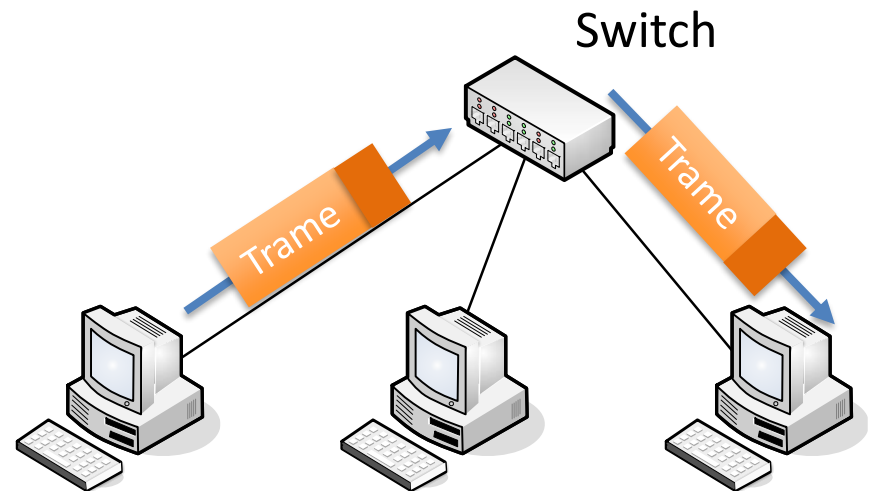
Acheminement hub et switch

Un hub est un ancien équipement qui travaille à la couche 1

Un hub effectue la diffusion des bits sur toutes les sorties



Un switch essaie de transmettre les trames uniquement sur la sortie en direction du récepteur



ARP:

Résolution d'adresses IP

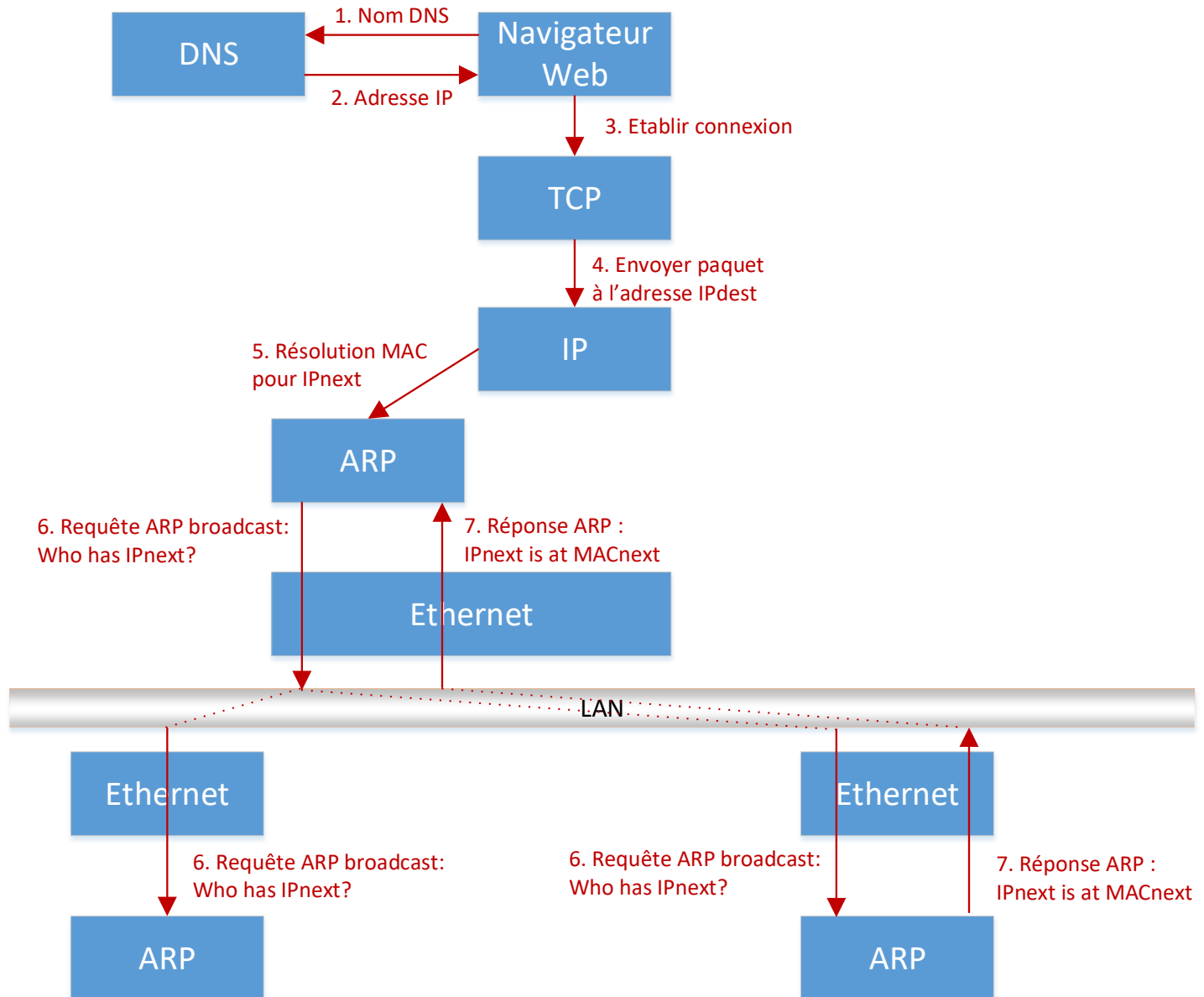
Lorsqu'une machine veut atteindre une autre machine du même réseau elle connaît l'adresse IP mais pas son adresse MAC.

- *ARP: Address Resolution Protocol*
 - Trouve l'adresse MAC qui correspond à une adresse IP
 - Utilisé à l'intérieur d'un réseau LAN
- **Fonctionnement**
 - ARP a un cache avec les correspondances:
adresse IP : adresse physique
 - Requête ARP en diffusion si l'adresse IP n'est pas dans le cache
 - La machine concernée répond avec son adresse physique
 - Les entrées du cache sont éliminées si elles ne sont pas rafraîchies (toutes les 20 min)

Exemple ARP

IPdest
adresse du
destinataire final

IPnext
adresse du
prochain noeud



Capture ARP dans Wireshark

- Exemple d'un ping sur l'adresse 10.193.156.1

The image shows a Wireshark packet capture window titled '*Wi-Fi'. The filter bar at the top is set to 'arp or icmp'. The packet list shows several packets, with packets 22 and 23 highlighted in yellow. Packet 22 is an ARP request (length 42) from source c4:9d:ed:93:b8:53 to destination ff:ff:ff:ff:ff:ff, asking 'Who has 10.193.156.1? Tell 10.193.156.247'. Packet 23 is an ARP response (length 56) from source 00:1c:73:00:09:99 to destination c4:9d:ed:93:b8:53, stating '10.193.156.1 is at 00:1c:73:00:09:99'. Below the packet list, the details pane for packet 22 is expanded, showing the 'Address Resolution Protocol (request)' structure with fields for hardware type, protocol type, hardware size, protocol size, opcode, sender MAC address, sender IP address, target MAC address, and target IP address. Two red callout boxes are present: one pointing to packet 22 with the text 'Requête ARP: Who has <ip>? Tell ...' and another pointing to packet 23 with the text 'Réponse ARP: <ip> is at <mac>'. The status bar at the bottom indicates 54 packets captured, 4 displayed (7.4%), 0 dropped (0.0%), and 7 ignored (13.0%).

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
22	0.592312	c4:9d:ed:93:b8:53	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	42	Who has 10.193.156.1? Tell 10.193.156.247
23	0.612926	00:1c:73:00:09:99	c4:9d:ed:93:b8:53	ARP	56	10.193.156.1 is at 00:1c:73:00:09:99
39	2.979467	10.193.156.247	10.193.156.1	ICMP	74	Echo (ping) request id=0x0001, seq=185/4
40	2.997976	10.193.156.1	10.193.156.247	ICMP	74	Echo (ping) reply id=0x0001, seq=185/4

Frame 22: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits) on interface
Ethernet II, Src: c4:9d:ed:93:b8:53, Dst: ff:ff:ff:ff:ff:ff
Address Resolution Protocol (request)
Hardware type: Ethernet (1)
Protocol type: IPv4 (0x0800)
Hardware size: 6
Protocol size: 4
Opcode: request (1)
Sender MAC address: c4:9d:ed:93:b8:53
Sender IP address: 10.193.156.247
Target MAC address: 00:00:00:00:00:00
Target IP address: 10.193.156.1

Requête ARP: Who has <ip>? Tell ...

Réponse ARP: <ip> is at <mac>

wireshark_Wi-Fi_20200909104155_a16852.pcapng | Packets: 54 · Displayed: 4 (7.4%) · Dropped: 0 (0.0%) · Ignored: 7 (13.0%) | Profile: Default

Fin du chapitre