

Téléinformatique de base

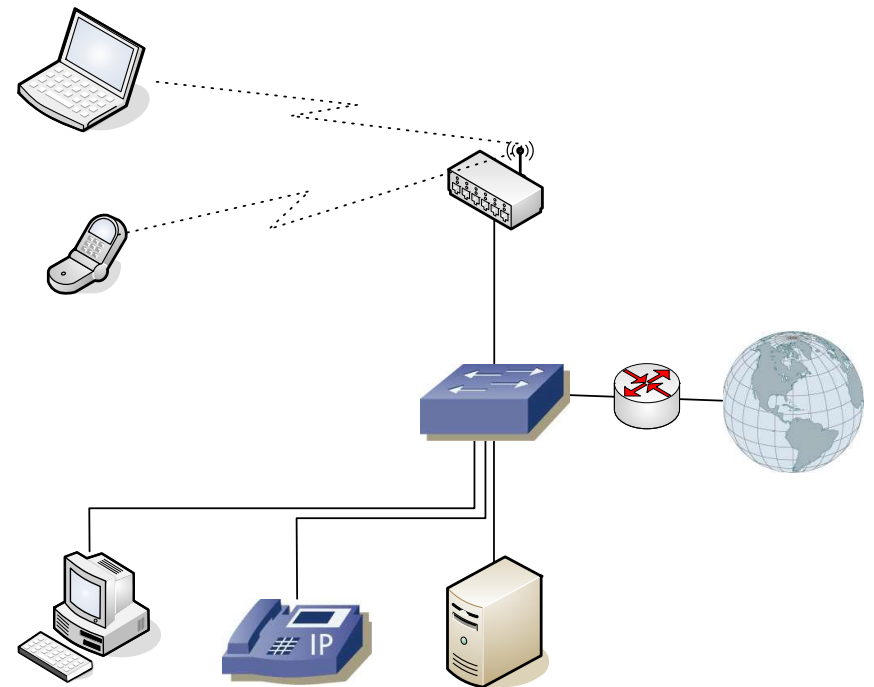
Chapitre 4 LAN

Objectifs d'apprentissage

- Savoir choisir le bon câble UTP (droit/croisé, catégorie) pour le câblage d'un réseau Ethernet
- Savoir interpréter le contenu des champs de l'en-tête Ethernet
- Savoir expliquer les caractéristiques d'une adresse MAC
- Savoir décrire le fonctionnement d'un hub
- Savoir expliquer la méthode CSMA/CD
- Savoir expliquer les différences entre un hub et un switch Ethernet
- Savoir définir full-duplex et half-duplex
- 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 principalement en étoile, avec un switch ou hub qui interconnectent les stations

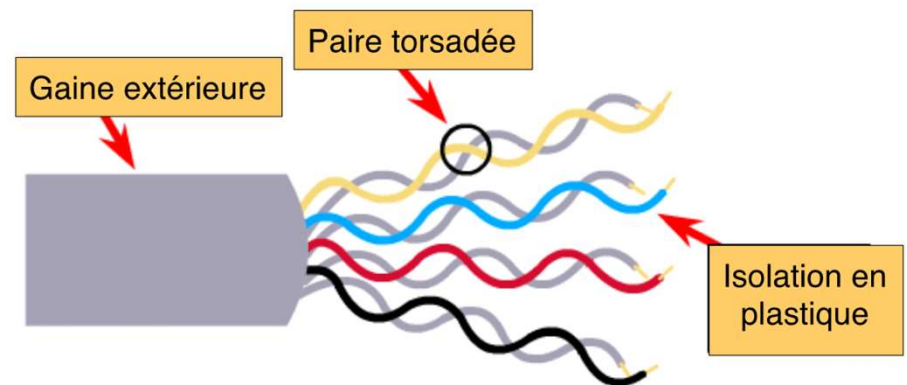
Type	Débit	Support principal	Remarque
10Base-T	10 Mb/s	Câble UTP électrique	Rarement utilisé
FastEthernet	100 Mb/s	Câble UTP électrique	Le plus courant actuellement
Gigabit-Ethernet	1 Gb/s	Câble UTP électrique ou fibre optique	Souvent utilisé entre les switches
10 Gigabit-Ethernet	10 Gb/s	Fibre optique	Utilisé dans les centres de calcul haute performance

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

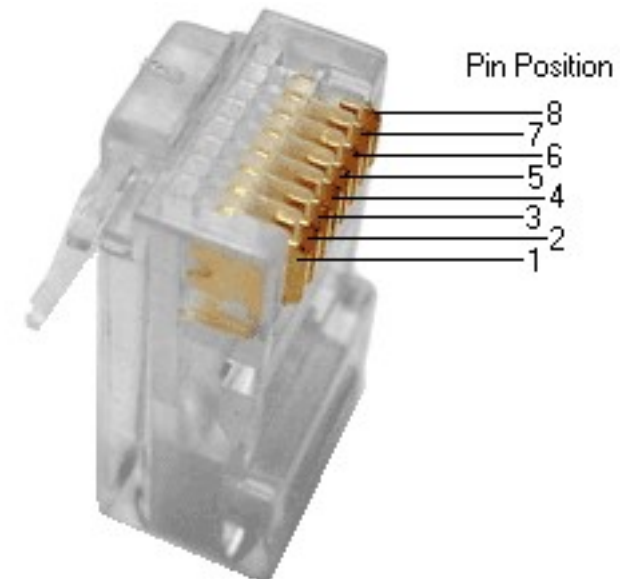
- Différentes catégories:
 - Cat. 3: jusqu'à 10 Mb/s
 - Cat. 5: jusqu'à 100 Mb/s
 - Cat. 5e, 6: Gigabit-Ethernet



Connecteur Ethernet

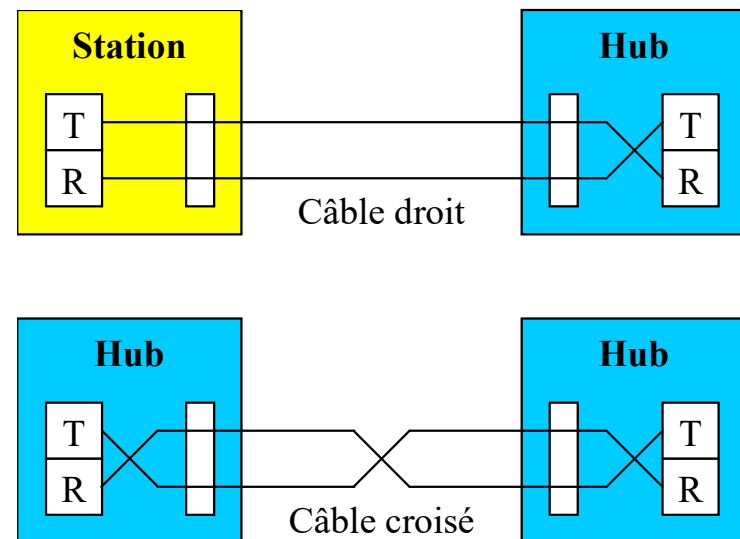
- Connecteur 8P8C (souvent appelé RJ45)
 - Connecteur standard pour Ethernet sur câble UTP
 - 8 broches, dont seulement 4 sont utilisées à 10 et 100 Mb/s

Broche	Signal en 10 / 100 Mb/s
1	Transmission +
2	Transmission +
3	Réception +
4	Non utilisé à 10/100 Mb/s
5	Non utilisé à 10/100 Mb/s
6	Réception -
7	Non utilisé à 10/100 Mb/s
8	Non utilisé à 10/100 Mb/s



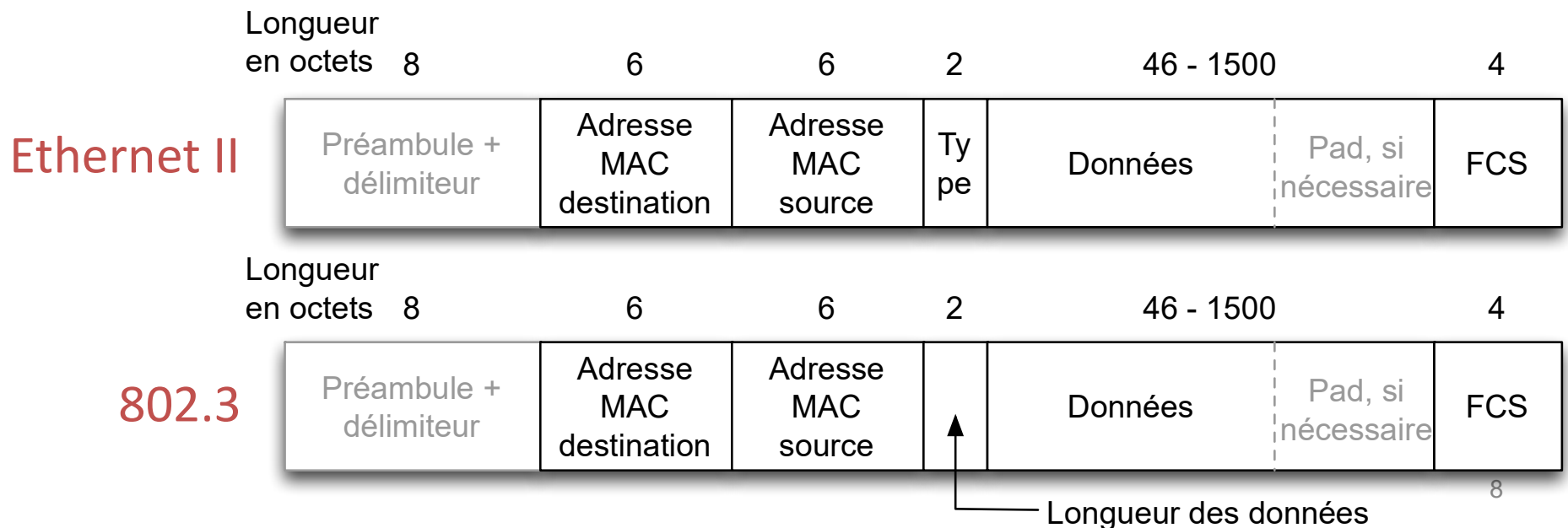
Croisement

- La paire de transmission de la source doit être la paire de réception du destinataire
 - Croisement des paires nécessaire
- Les hubs et switches effectuent un **croisement interne** des paires
- Utiliser un **câble croisé**
 - pour la connexion directe entre hubs ou switches
 - pour la connexion directe entre PCs ou routeurs



Trames Ethernet

- Ethernet (émetteur) reçoit les données de la couche supérieure et les encapsule dans une trame
- 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 elle comprennent aussi le format **802.3**



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	Typ e	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 switches 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

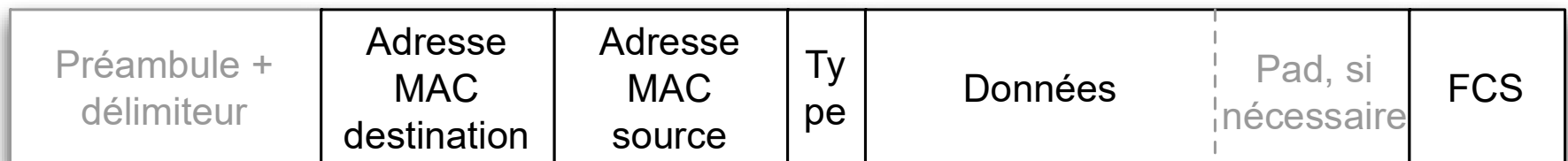
6

6

2

46 - 1500

4



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	Typ e	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 calculé 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
---------------------------	-------------------------------	--------------------------	----------	---------	-----------------------	-----

Exercices – Trames Ethernet

- 1b) Il existent deux formats de trames Ethernet : IEEE 802.3 et Ethernet-II. Que se passe-t-il quand une carte réseau reçoit une trame dans l'autre format ?
- 3) La longueur maximum des données dans une trame Ethernet est de 64, 512, 1024 ou 1500 octets ?
- 4) A quoi sert le *padding* qui est présent dans certaines trames Ethernet ?
- 5) Qui vérifie la somme de contrôle (FCS) des trames Ethernet ?

Adresses MAC

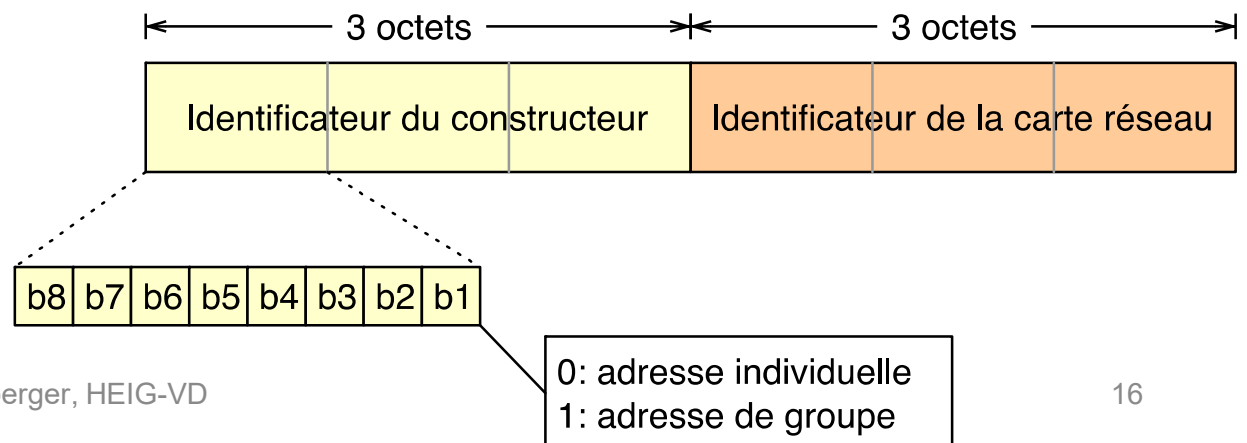
- Adresse physique d'une carte réseau
 - **Unique** : Toutes les cartes de réseau ont une adresse différente
 - **Fixe** : configurée dans la mémoire ROM de la carte
- Format : 48 bits (6 octets) en notation hexadécimale
 - Par exemple C8:2A:14:25:CD:BF
- Structure
 - 3 premiers octets : Identification 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



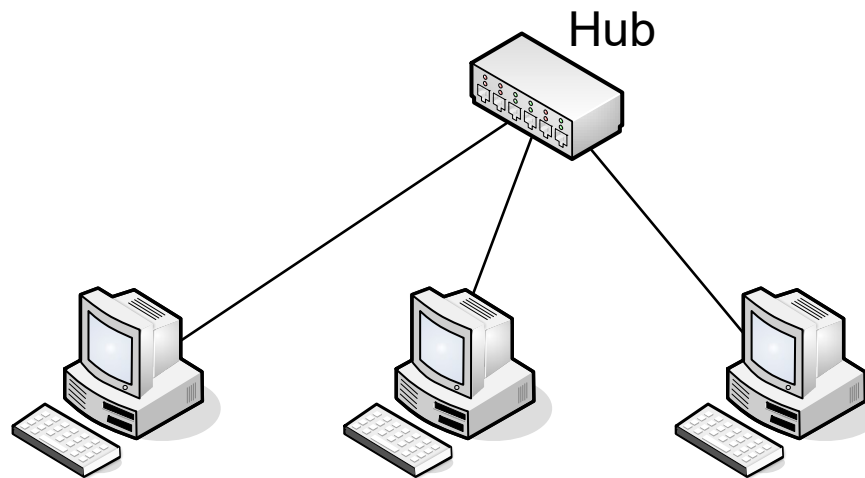
Ethernet avec un hub

- Topologie physique et logique
- Fonctions d'un hub
- Transmission sur un médium partagé
- Algorithmes CSMA et CSMA/CD

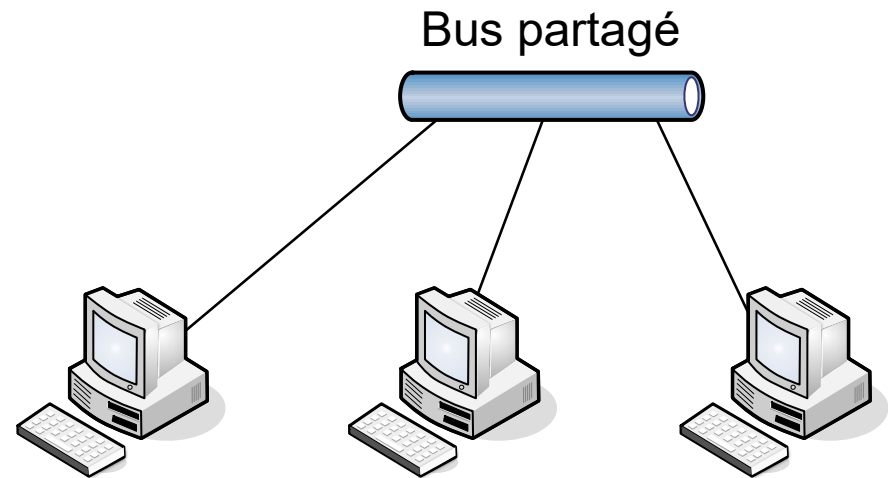
Ethernet avec un hub

- Un hub permet un câblage physique en étoile
- Logiquement, un hub se comporte **comme un bus partagé**
- Fonctions d'un hub
 - Travaille au niveau de la couche physique (niveau des bits)
 - Reçoit, contrôle et régénère les bits reçus
 - Un bit reçu est transmis sur tous les ports de sortie

Topologie physique



Topologie logique



Transmission sur 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

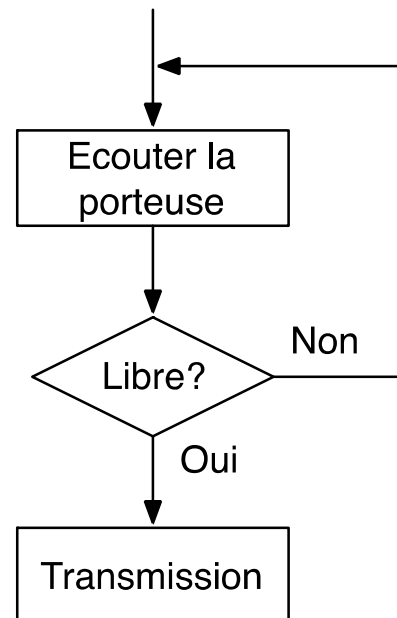
Exemples

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

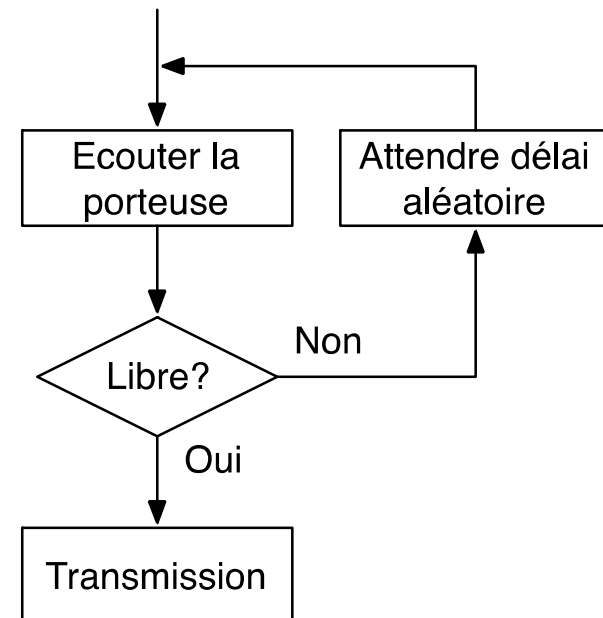
Accès au médium: Méthode CSMA

- Méthode utilisé par Ethernet pour gérer l'accès au médium
- CSMA : *Carrier Sense – Multiple Access*
 - *Carrier Sense* : écouter si le canal est libre avant de transmettre
 - *Multiple Access* : partage du même canal de transmission

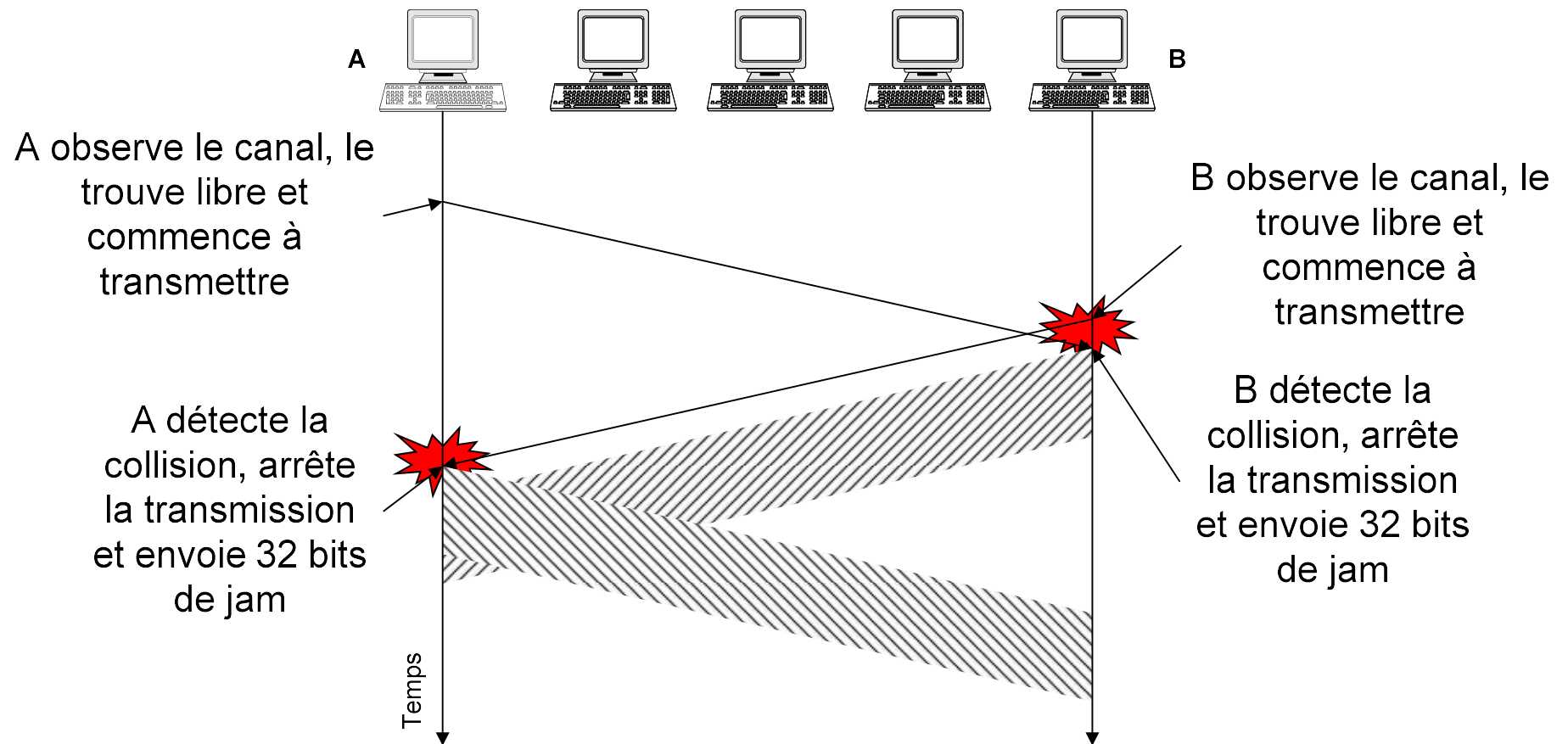
CSMA persistant



CSMA non persistant



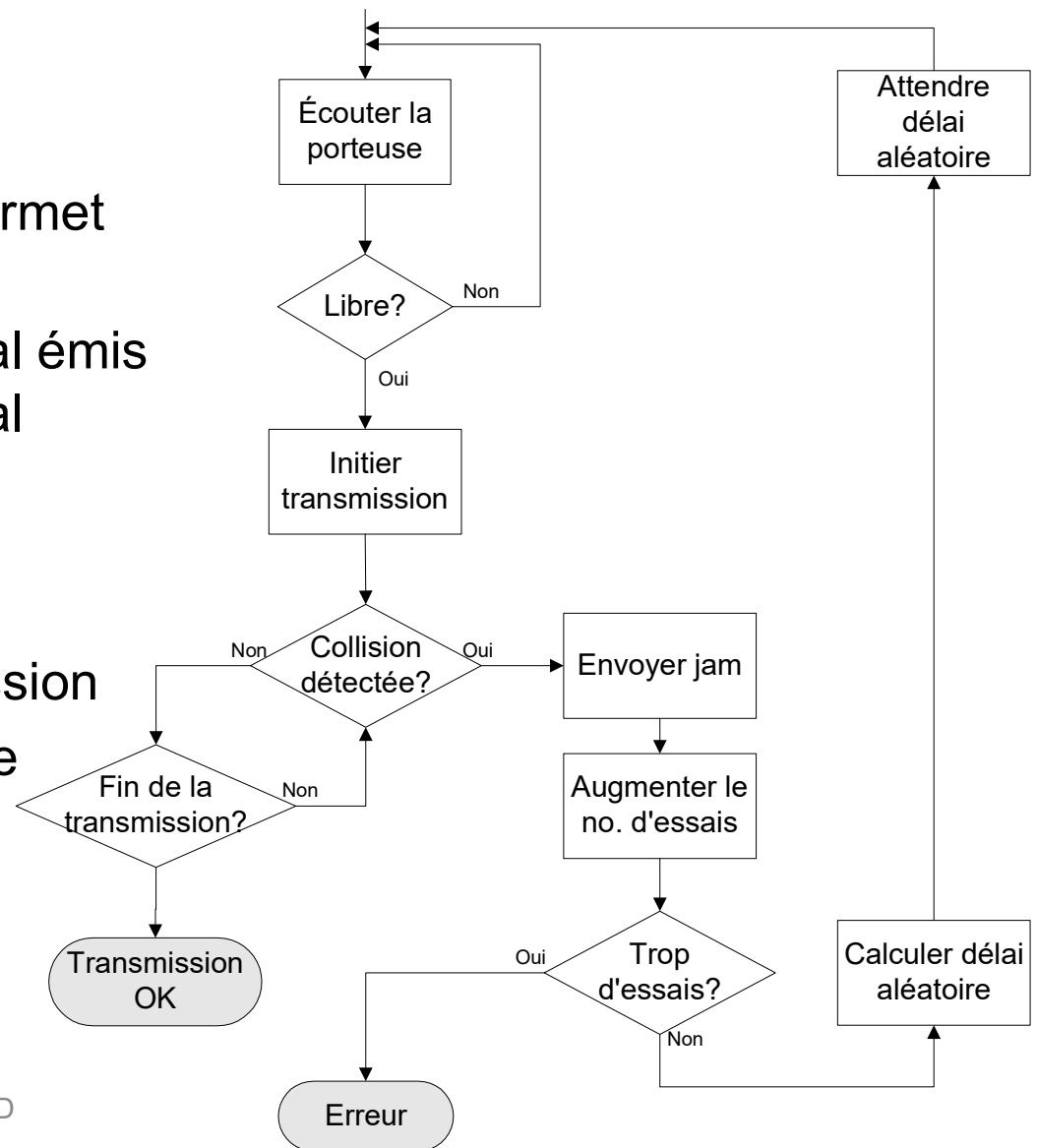
CSMA n'évite pas toutes les collisions



Algorithme CSMA/CD

CD: Collision detection

- Le câble comme support permet de détecter une collision
- L'émetteur compare le signal émis avec le signal vu sur le canal
 - Il émet et écoute à la fois
- Si une collision est détectée,
 - l'émetteur arrête la transmission
 - envoie un signal quelconque pour prolonger la collision
 - Attend un délai aléatoire
 - Réessaie



Exercices - Hub

6) Dans CSMA/CD, un émetteur écoute le canal avant de transmettre. Comment peut-il y avoir des collisions ?

10) Le récepteur d'une trame, peut-il détecter une collision ? Comment peut-il savoir si la trame est correcte ou non ?

13) Une trame Ethernet, est-elle retransmise par Ethernet si le récepteur détecte une somme de contrôle fausse ?

Ethernet avec un switch

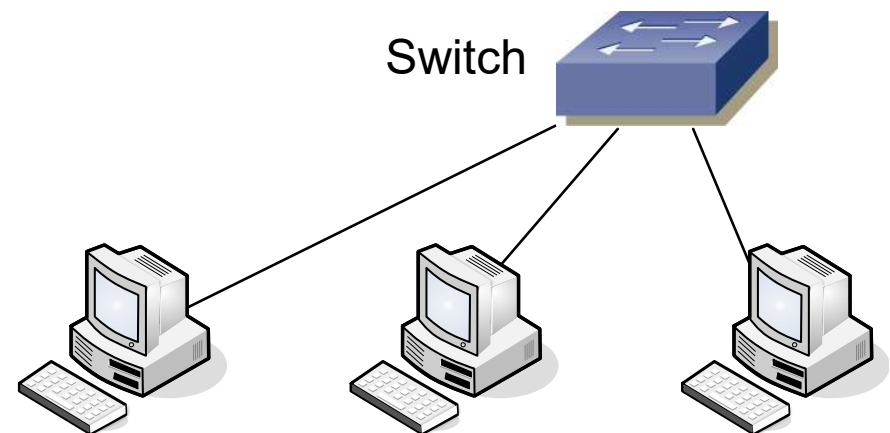
- Topologie
- Avantages
- Commutation de trames
- Full-duplex et half-duplex

Ethernet avec un switch

- 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
- Les topologies physique et logique sont en étoile

Avantages

- Plusieurs transmissions sont possibles en parallèle
- Un switch peut transmettre une trame vers le bon destinataire, sans l'envoyer sur les autres ports

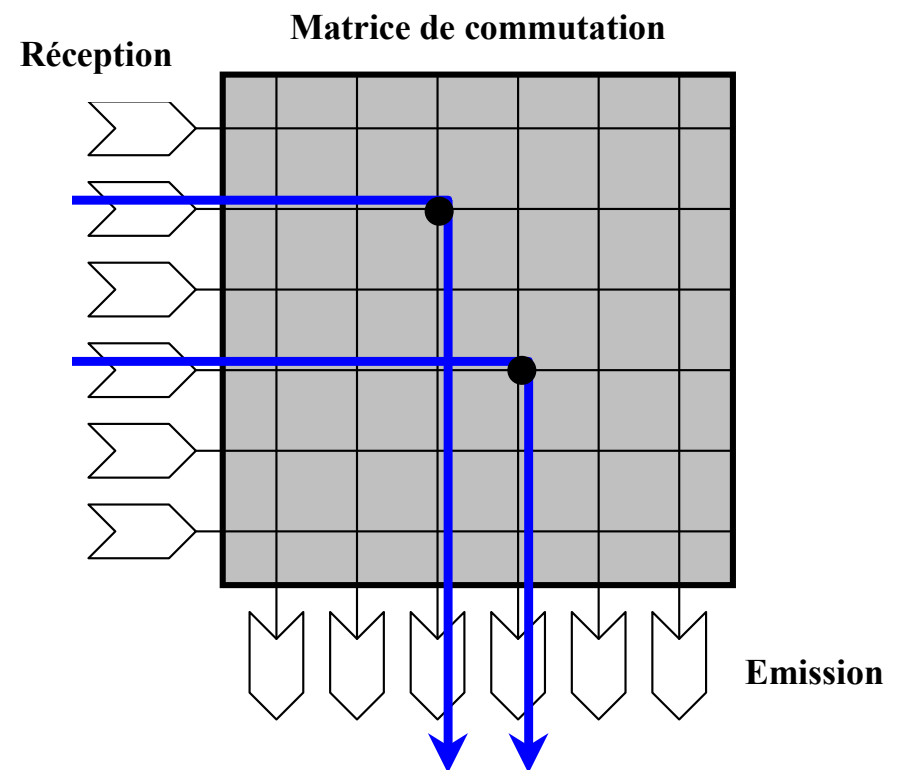


Fonctions d'un switch Ethernet

- **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



Ethernet full-duplex

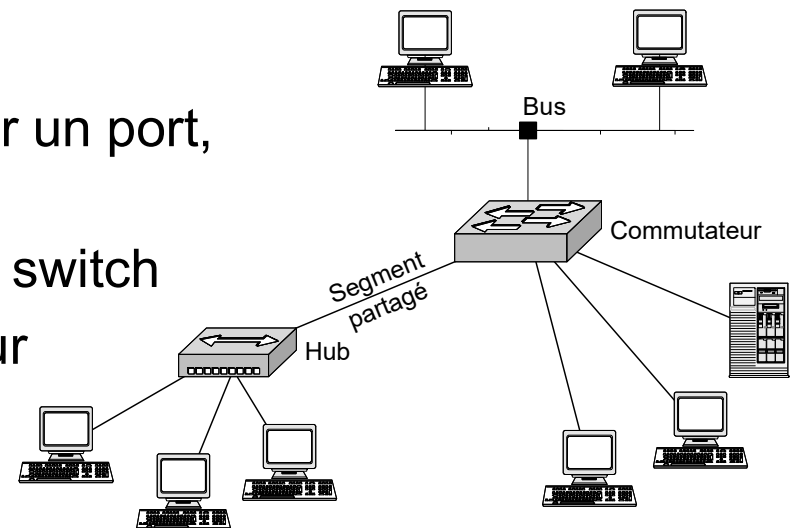
- Un switch Ethernet peut travailler en full-duplex ou half-duplex

Full-duplex

- Transmissions simultanées dans les deux sens sur un lien point à point
- Pas de collisions possibles
- CSMA/CD n'est pas nécessaire !

Half-duplex

- Soit émission, soit transmission sur un port, mais pas les deux à la fois
- Utilisé si un hub est connecté à un switch
- Le switch doit utiliser CSMA/CD sur ce port

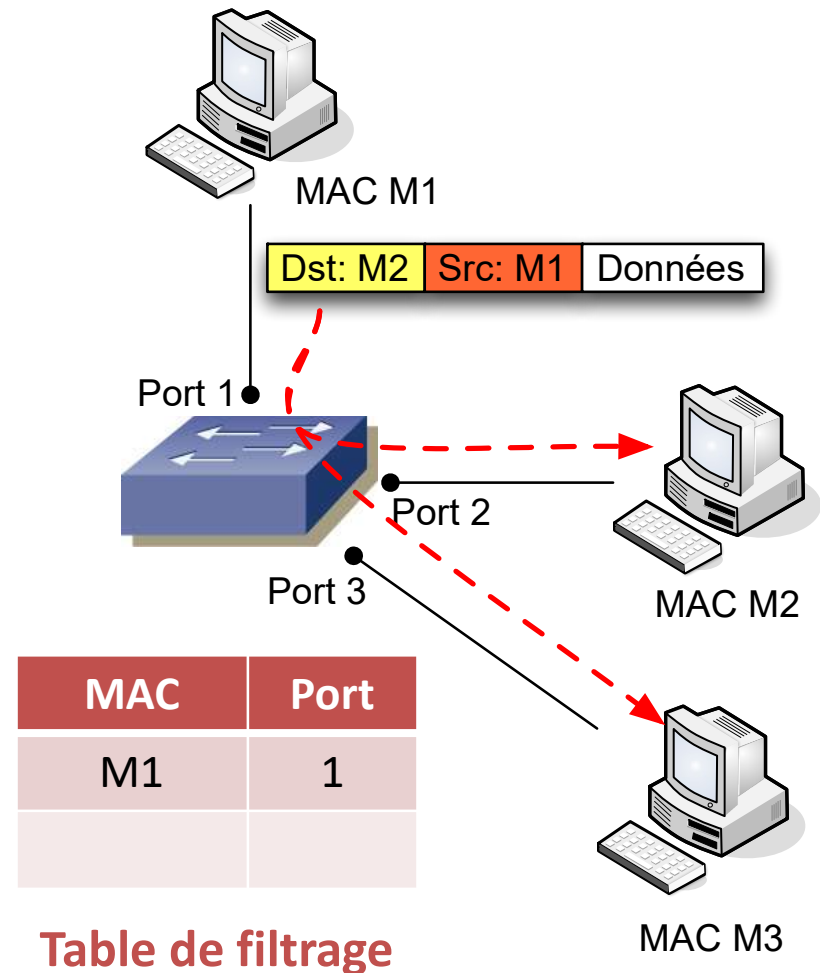


Acheminement de trames

- Un switch Ethernet doit fonctionner sans aucune configuration
- Contrairement à un hub, il 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
- Si une adresse MAC destination est inconnue, le switch envoie la trame sur toutes les sorties

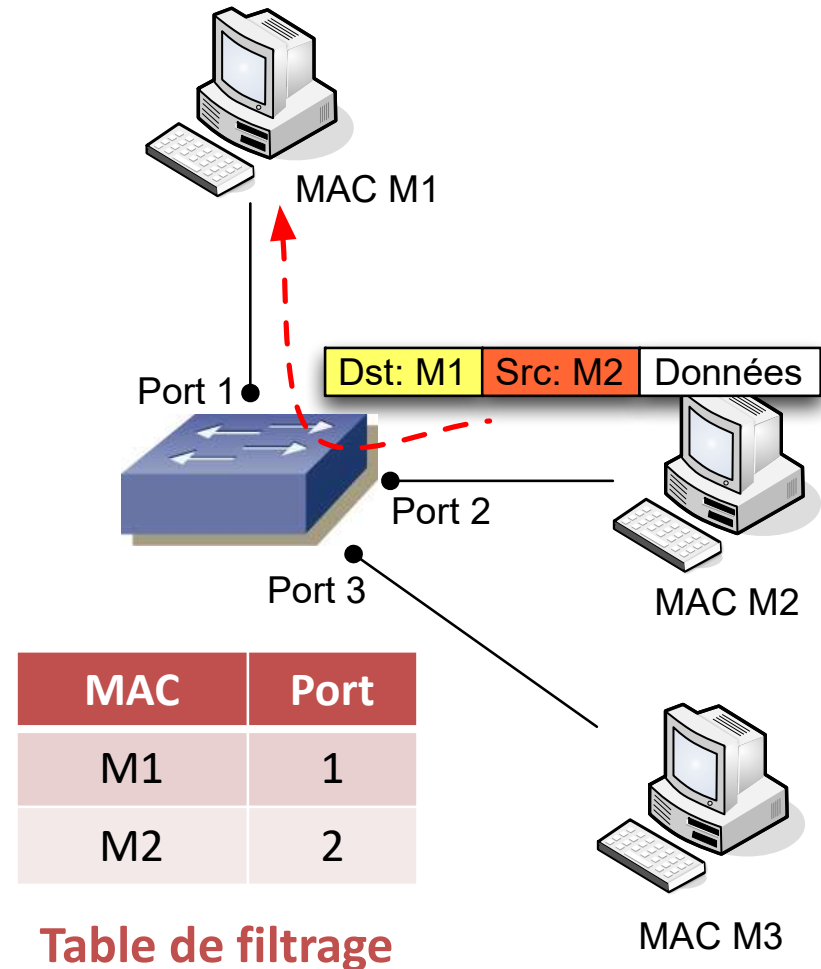
Remplissage de la table de filtrage

- 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



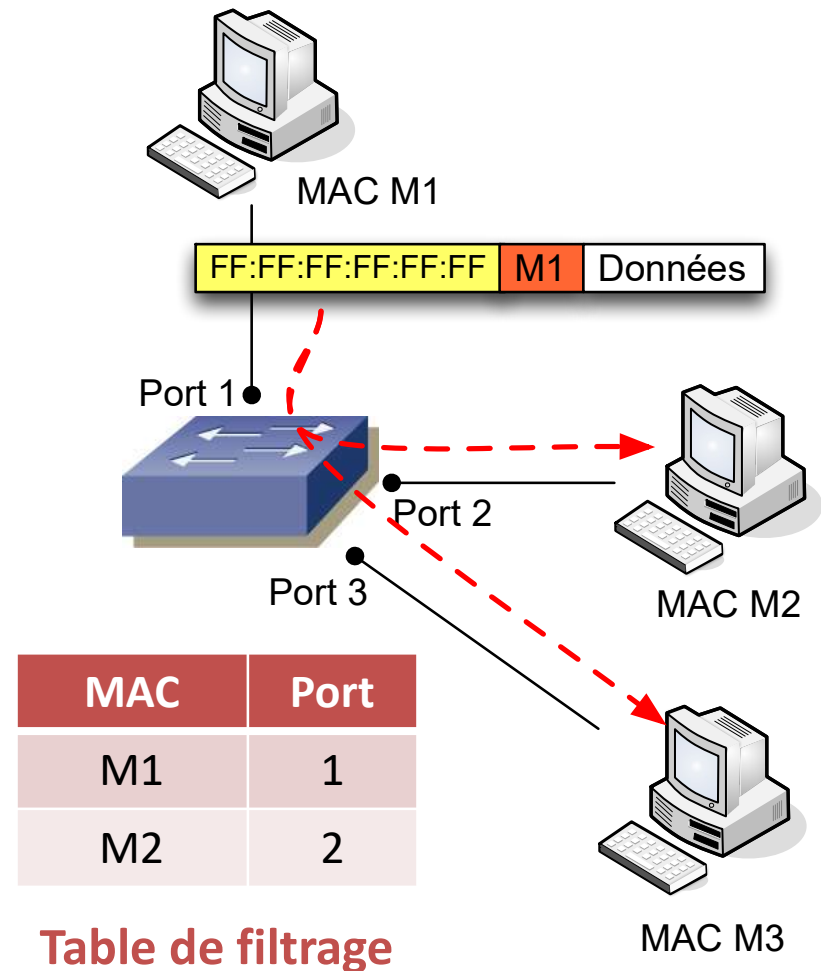
Remplissage de la table de filtrage

- 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

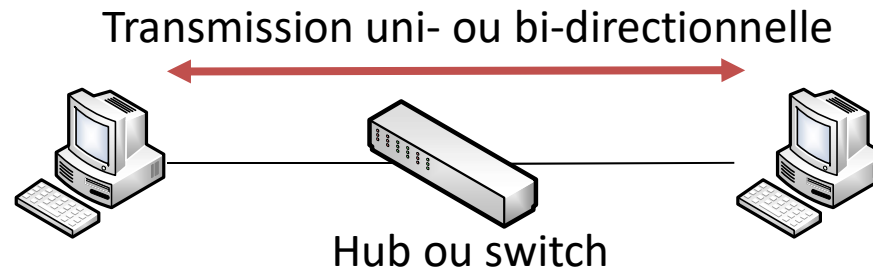


Remplissage de la table de filtrage

- Les frames broadcast sont toujours envoyées sur toutes les sorties



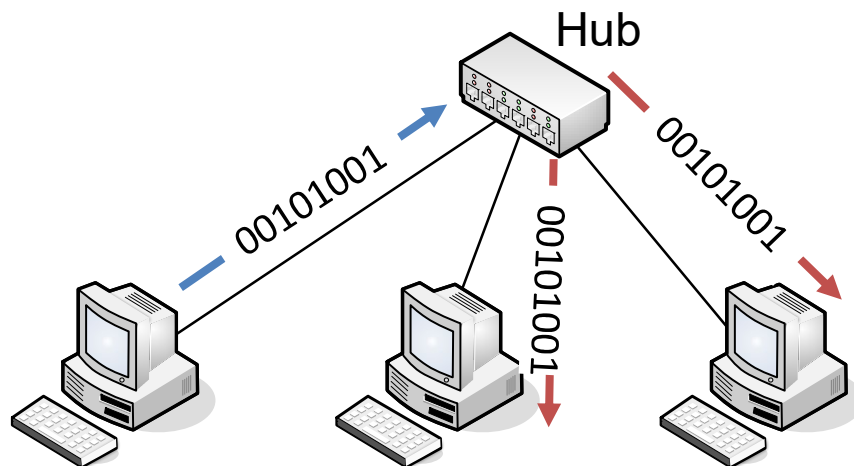
Performances hub et switch



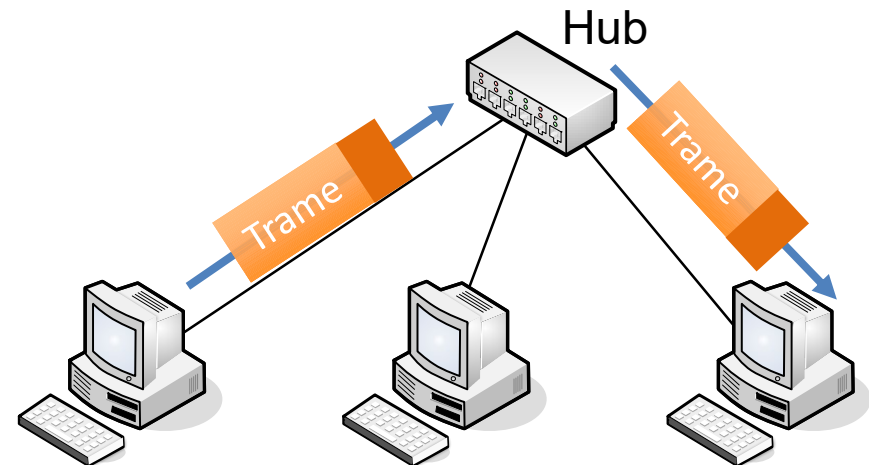
Equipement	Débit unidirectionnel	Débits bi-directionnels	$\frac{\sum \text{débits bidir.}}{\text{débit unidir.}}$
Hub	9.8 Mb/s	4.3 Mb/s 3.8 Mb/s	$\frac{4.8 \text{ Mb/s} + 3.8 \text{ Mb/s}}{9.8 \text{ Mb/s}} = 0.82 \leq 1$
Switch	9.8 Mb/s	9.6 Mb/s 9.8 Mb/s	$\frac{9.8 \text{ Mb/s} + 9.8 \text{ Mb/s}}{9.8 \text{ Mb/s}} \approx 2$

Acheminement hub et switch

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

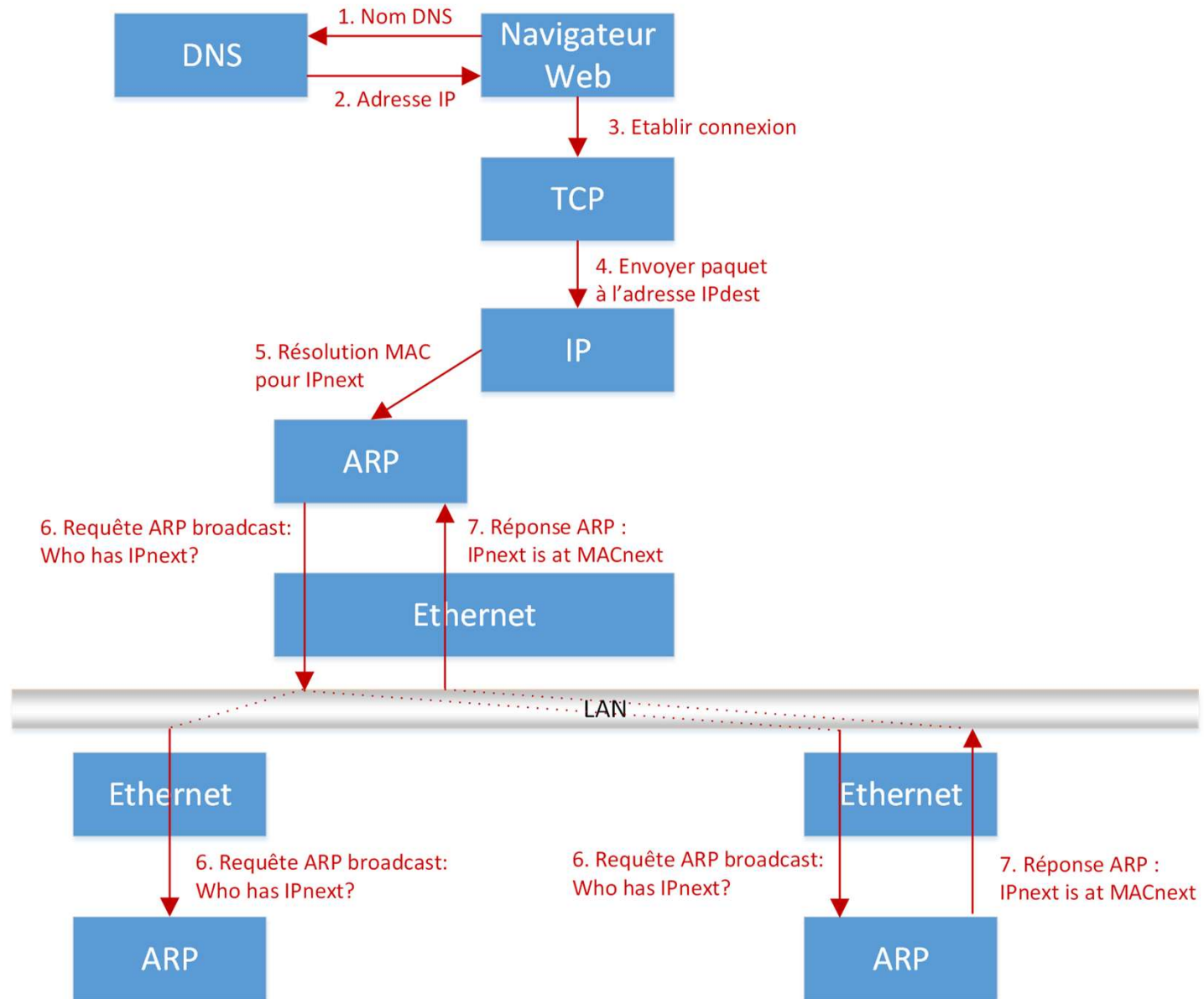


ARP:

Résolution d'adresses IP

- **ARP: Address Resolution Protocol**
 - Trouve l'adresse MAC qui correspond à une adresse IP
 - Utilisé à l'intérieur d'un réseau LAN
- **Fonctionnement**
 - ARP un cache avec les correspondances:
adresse IP $\leftrightarrow$ adresse physique
 - Requête ARP en diffusion si l'adresse IP n'est pas dans la table
 - 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



Exercices - Switches

5.4) Comment un switch apprend-il le port à utiliser pour atteindre une adresse MAC spécifique ?

6.1) Expliquez la différence entre full duplex et half duplex.