

Technologie réseau : ETHERNET

*Étudier les spécifications (couches Physique et Liaison de données) d'une technologie de réseau donnée.
Ici, il s'agit d'Ethernet...*

Plan

- Introduction
- Normes Ethernet
- Topologies physiques
- Topologies logiques
- Protocoles Ethernet
- Équipements de connexion
- Conclusion

Introduction

- Pour envoyer des données d'une machine à une autre, on utilise un réseau.
- Il existe plusieurs technologies réseau (Ethernet, Wifi, Bluetooth, ADSL, GSM, 5G,...)
- Une technologie réseau décrit les caractéristiques et la transmission dans un réseau :
 - La topologie physique et logique
 - Le type de support, d'équipements,...
- Une technologie réseau est spécifiée au niveau des couches **PHY** et **Liaison de données**.
- **Ethernet** est une famille de technologies de réseau local filaire

Introduction (suite)

- **Ethernet** est basé sur un principe de communication
 - sans connexion : pas de processus d'établissement de connexion
 - Sans fiabilité : pas d'acquittement de trames, les trames erronées sont simplement ignorées.

Ethernet et modèle OSI

- Ethernet est défini sur :
 - La **sous-couche MAC** et
 - La **couche PHY**



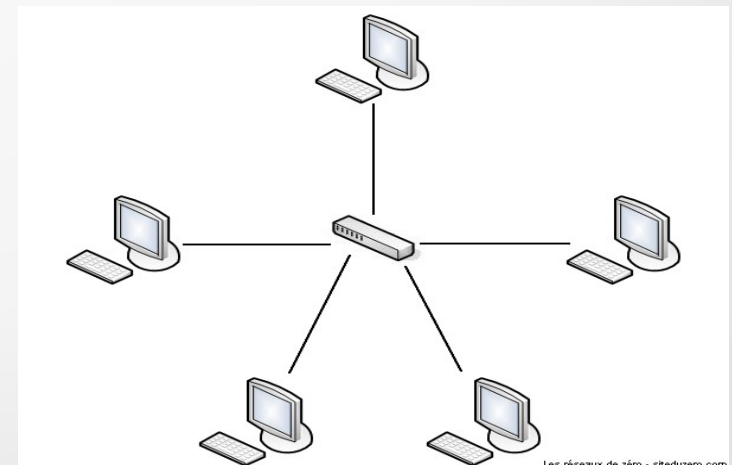
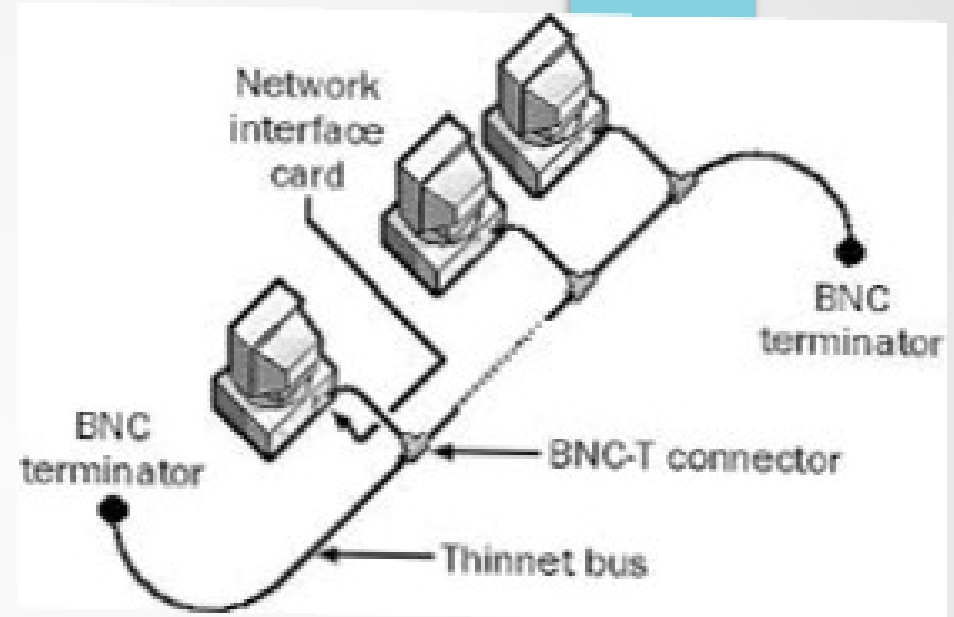
Normes ETHERNET

Appellation	Standard	Débit	Dénomination physique	Média utilisés, Longueur
Ethernet classique	IEEE 802.3	10 Mbps	10Base 2	Coaxial, 185m,
			10Base 5	500m
			10Base T	UTP, 100m
			10Base F	Fibre optique, jusqu'à 2km
Fast-Ethernet	IEEE 802.3u	100Mbps	100Base TX	UTP, 100m
			100Base FX	Fibre optique, 2km
Gigabit-Ethernet	IEEE 802.3z	1000Mbps	1000BaseLX	Fibre optique mono et multimode (5km)
			1000Base SX	Fibre optique multimode (550m)
			1000BaseCX	Paires torsadées blindées, 25m
	IEEE 802.3ab	1000Mbps	1000BaseT	UTP, 100m
	IEEE 802.3ae	10Gbps	10GBaseSR 10GBaseLR	Fibre optique, 25 km
10 Gigabit-Ethernet			10GBaseT	Cuivre, 100m

Topologies physiques

Il existe deux topologies physiques :

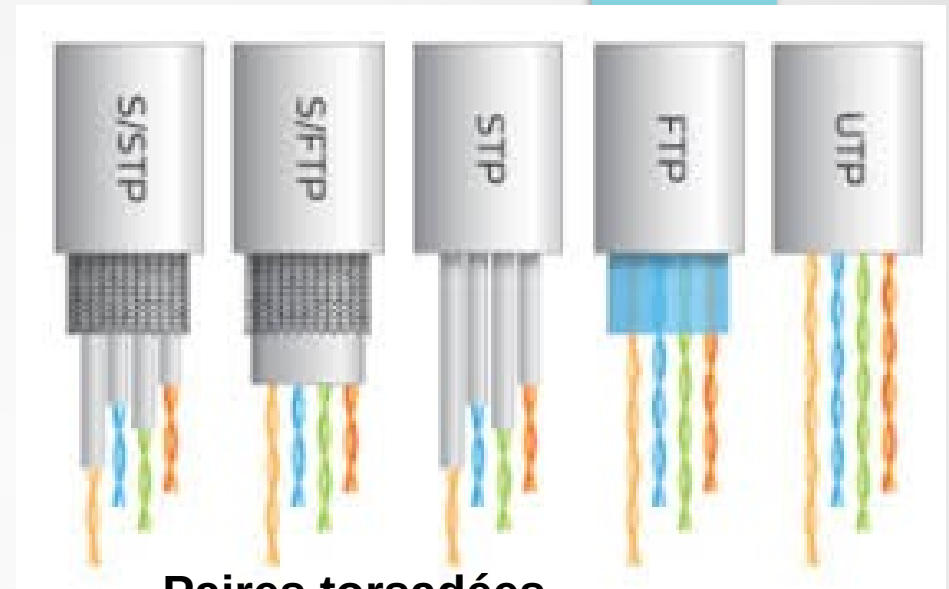
- Topologie en bus
 - Normes physiques **10Base2** et **10Base5**
 - **Obsolète**
- Topologie en étoile, étoile étendue
 - Normes physiques : **10|100|1000|...Base T|F|...**



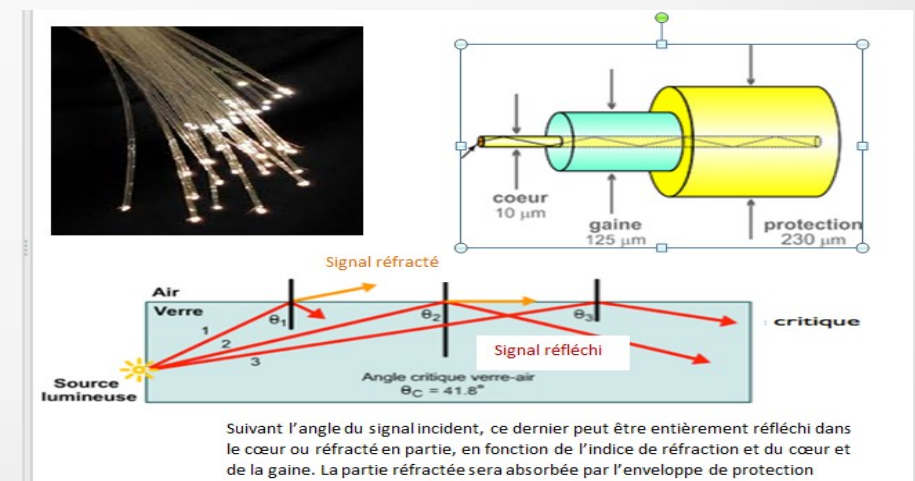
Supports de transmission

Trois types de supports :

- **Câble coaxial**
 - Normes physiques 10 Base2 et 10Base5
- **Paires torsadées**
 - Normes physiques 10|100 Base T, 100 Base TX, 1000Base CX, 1000BaseT,
- **Fibre optique**
 - Normes physiques : 10BaseF, 100Base FX, 10GBaseLR|SR, 1000Base LX|SX,



Paires torsadées



Fibre optique

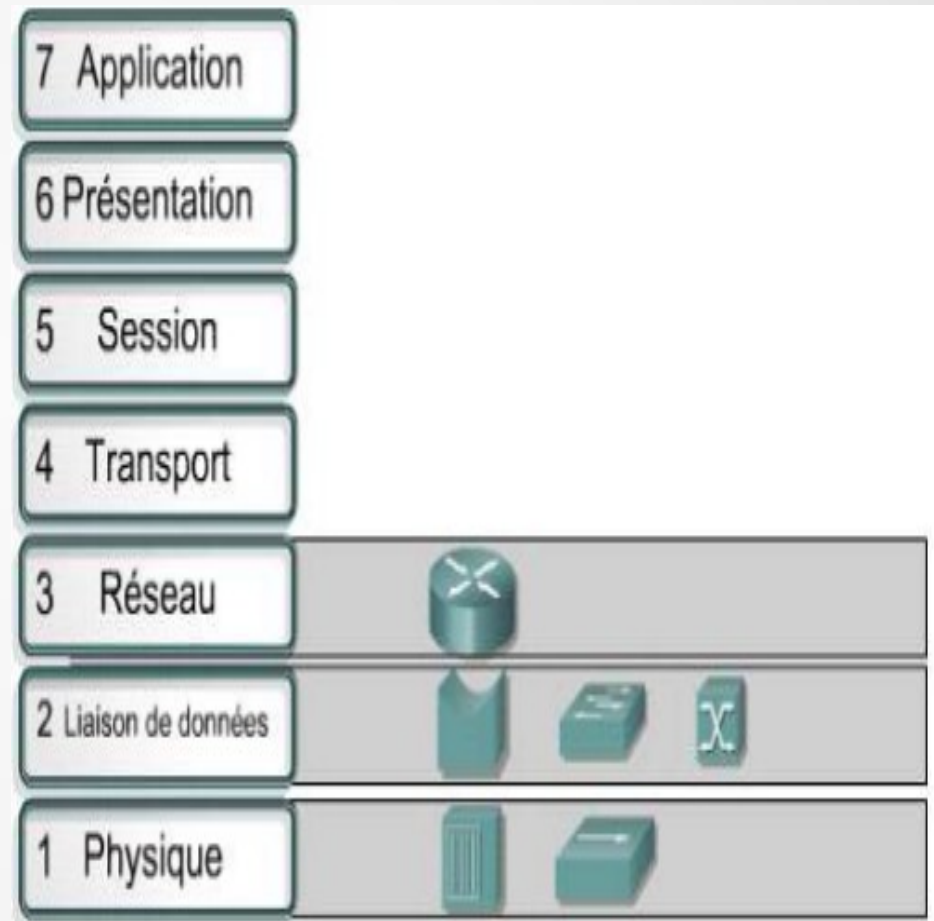
Topologies logiques

Il existe deux topologies logiques :

- Ethernet partagé
 - Topologie physique en **bus** (obsolète)
 - Topologie physique en étoile avec **hub** :
 - Toutes les machines du réseau voient les messages des autres : **topologie logique en diffusion**
- Ethernet commuté
 - Topologie physique en étoile avec **Switch**
 - Seule la machine destinataire voit ses messages : **topologie logique point-à-point**

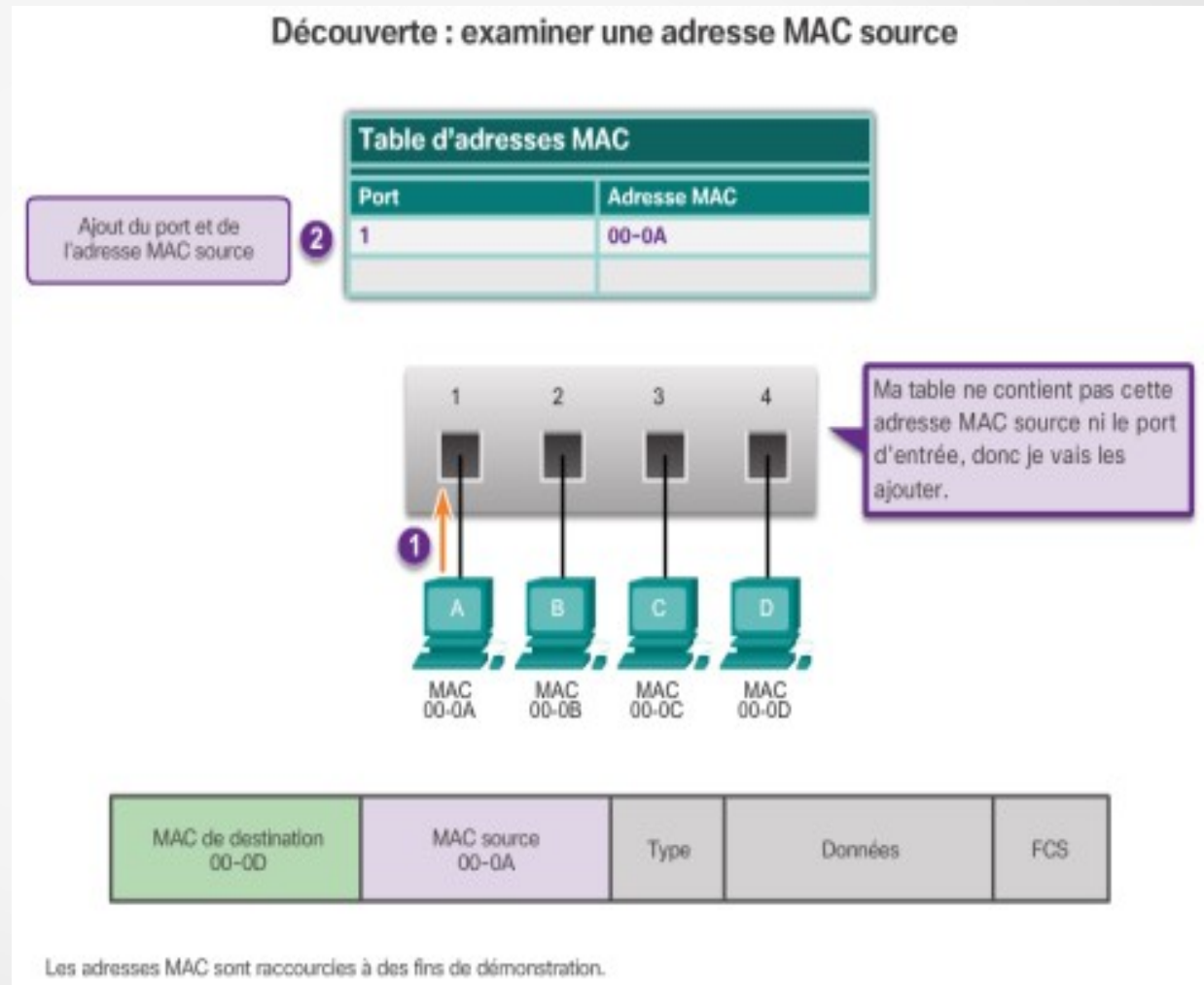
Équipements de connexion

- **HUB, SWITCH** : pour connecter les machines du réseau
- **RÉPÉTEUR** :
 - pour prolonger le câble
- **PONT** :
 - pour relier des segments d'un réseau
- **ROUTEUR** : pour connecter le réseau avec d'autres réseaux



Commutateur Ethernet (1/8)

- **Table d'adresses :**
CAM (Content Addressable Memory)
 - construit par apprentissage



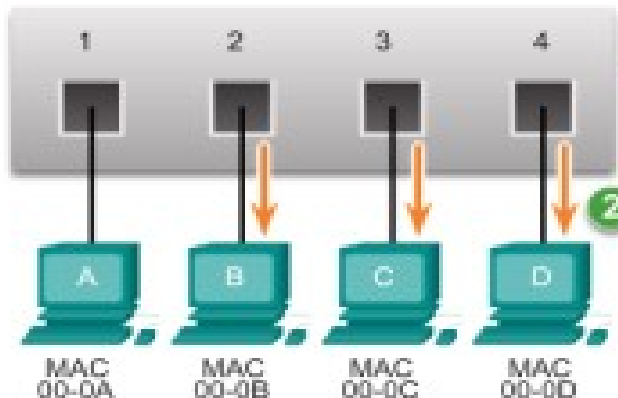
Commutateur Ethernet (2/8)

Transfert : examiner une adresse MAC de destination

L'adresse MAC de destination ne figure pas dans la table.

1

Table d'adresses MAC	
Port	Adresse MAC
1	00-0A



L'adresse MAC de destination ne figure pas dans ma table, donc je vais envoyer cette trame inconnue en monodiffusion par tous les ports.

MAC de destination 00-0D	MAC source 00-0A	Type	Données	FCS
-----------------------------	---------------------	------	---------	-----

Les adresses MAC sont raccourcies à des fins de démonstration.

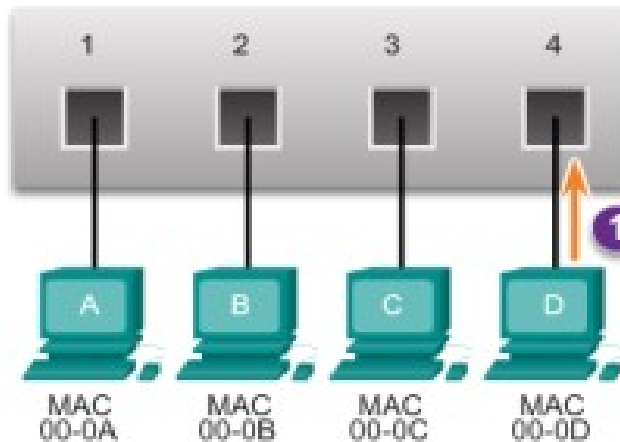
Commutateur Ethernet (3/8)

Ajout du port et de l'adresse MAC source

1

Table d'adresses MAC

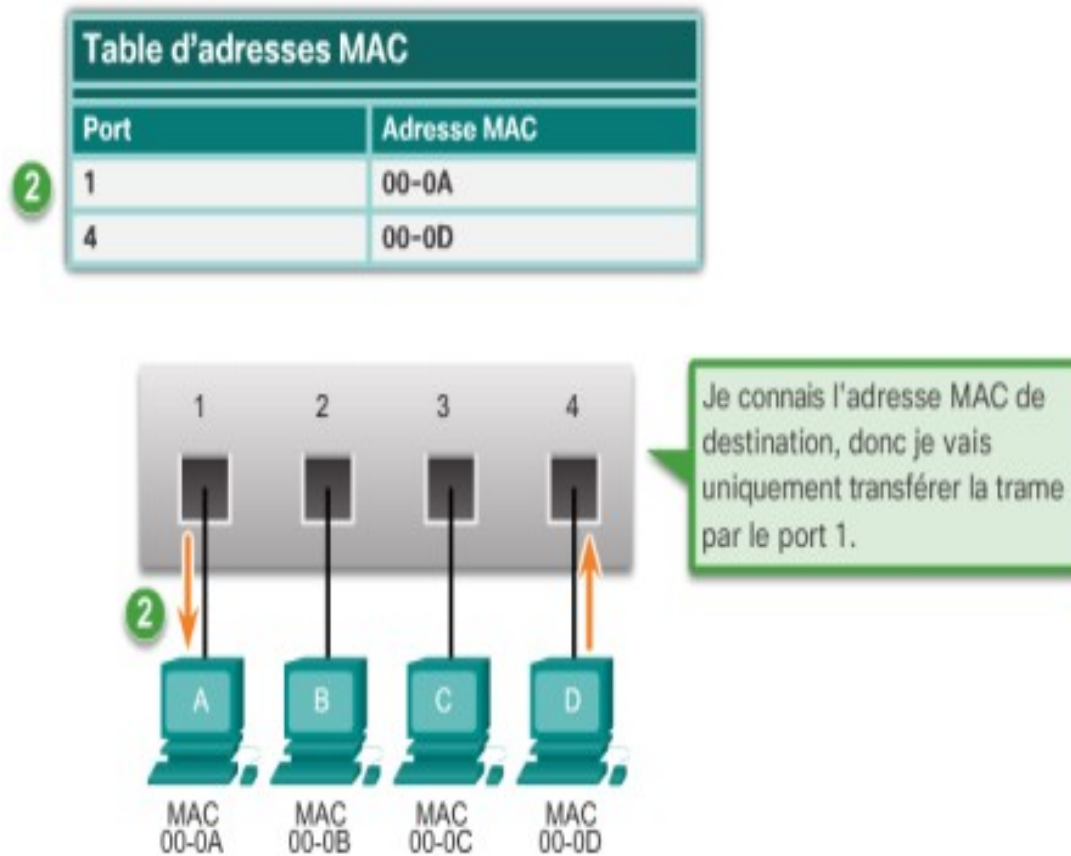
Port	Adresse MAC
1	00-0A
4	00-0D



Ma table ne contient pas cette adresse MAC source ni le port d'entrée, donc je vais les ajouter.

MAC de destination 00-0A	MAC source 00-0D	Type	Données	FCS
-----------------------------	---------------------	------	---------	-----

Commutateur Ethernet (4/8)

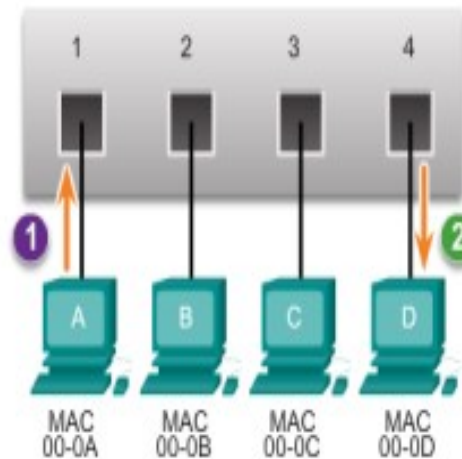


MAC de destination 00-0A	MAC source 00-0D	Type	Données	FCS
-----------------------------	---------------------	------	---------	-----

Commutateur Ethernet (5/8)

Table d'adresses MAC

Port	Adresse MAC
1	00-0A
4	00-0D



MAC de destination 00-0D	MAC source 00-0A	Type	Données	FCS
-----------------------------	---------------------	------	---------	-----

Commutateur Ethernet (6/8)

Modes de commutation

- **Store and Forward:**
 - Trame entièrement reçue, stockée, puis contrôlée avant d'être transférée
- **Cut Through :**
 - Transfert à la volée
 - Trame transférée juste après la lecture de l'adresse destination
- **Fragment-free :**
 - Variante du mode Cut Through : commutation non fragmentée
 - Les 64 premiers octets de la trame sont stockés avant de transférer la trame : pour éviter de transférer les trames ayant subi une collision
 -
 -

Commutateur Ethernet (7/8)

Forme d'un commutateur :

- **À configuration fixe :**
 - Non expansible : nombre de ports fixe
- **Modulaire :**
 - Le châssis contient des emplacements pour insérer de nouveaux modules pour étendre les ports du commutateur
- **Empilable :**
 - Connexion de plusieurs Switch à l'aide de câble spéciaux pour former un seul Switch

Commutateur Ethernet (8/8)

Autres caractéristiques :

Un Switch Ethernet peut comporter d'autres fonctionnalités :

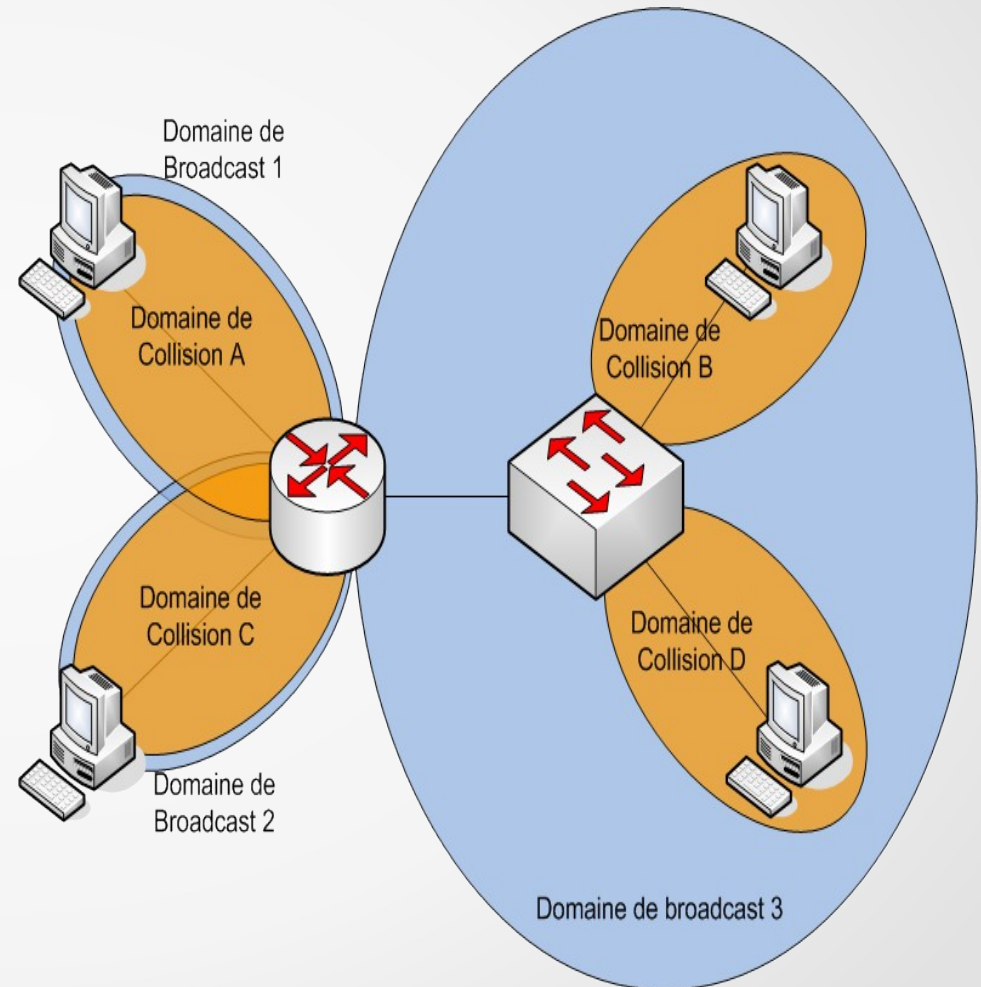
- La mise en place de **VLAN** : segmenter logiquement le réseau en plusieurs sous-réseaux
- Le **filtrage du trafic** : pour assurer la sécurité
- L'implémentation de la **qualité de service**

Routeur Ethernet

- On peut segmenter un réseau très grand en plusieurs réseaux
 - Afin de limiter les informations de contrôle et trames de diffusion
 - Qui réduisent les performances du réseau
- Le **routeur** segmente physiquement et logiquement un réseau
 - Il scinde le réseau en plusieurs domaines de diffusion
- Le **pont** segmente un réseau mais uniquement de façon physique : logiquement les différents segments sont dans le même réseau : même domaine de diffusion

Domaine de diffusion & domaine de collision

- Un **domaine de diffusion** est l'ensemble des équipements qui reçoivent une trame de diffusion
- Un **domaine de collision** est l'ensemble des équipements ne pouvant pas transmettre en même temps



Protocoles Ethernet (1/)

Trame Ethernet

- Pour qu'un paquet puisse être transmis sur un réseau Ethernet, il doit être encapsulé dans une trame Ethernet

7 octets	1	6	6	2	46-1500	4
préambule	SFD	@MAC destination	@MAC source	Type longueur	Données	CRC

- La taille minimale d'une trame est de **64 octets** et sa taille maximale **1518 octets**

Protocoles Ethernet (2/)

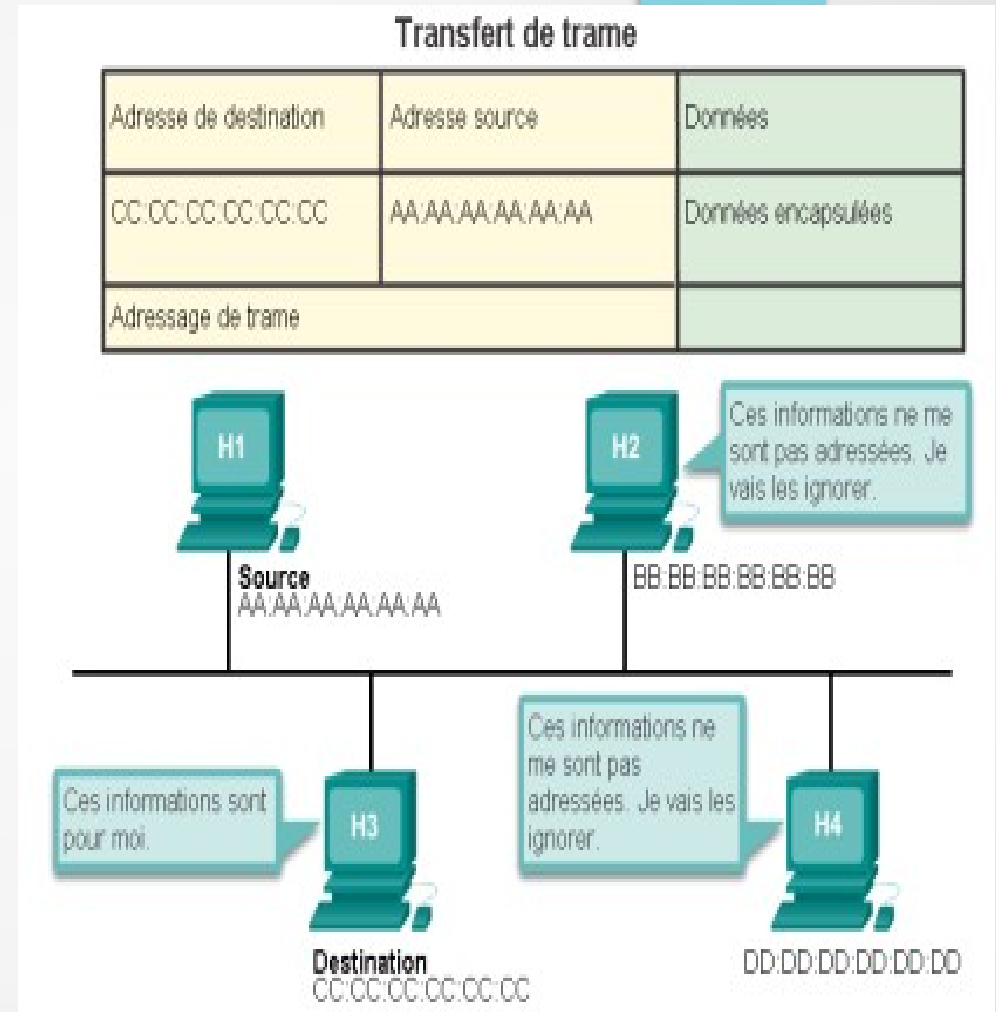
Trame Ethernet (suite)

- **Préambule**
 - Suite de 7 octets **10101010** pour assurer la synchronisation des bits entre l'émetteur et le destinataire
 - Ajouté par la couche PHY
- **SFD** (Starting Frame Delimiter)
 - Marqueur de début de trame : **10101011**
- **@MAC destination, @MAC source**
 - Adresses MAC des adaptateurs destinataire et émetteur de la trame : adresse physique
- **Type|Longueur**
 - Type du paquet encapsulé pour connaître le protocole de couche supérieure en charge du paquet : IP, ARP, ...
 - Longueur des données encapsulées
- **Données**
 - Trame LLC encapsulée
- **CRC** (Cyclic Redondancy Code)
 - Code ajouté à la trame pour contrôler d'éventuelles erreurs : permet seulement de détecter des erreurs et non de les corriger.

Protocoles Ethernet (3/)

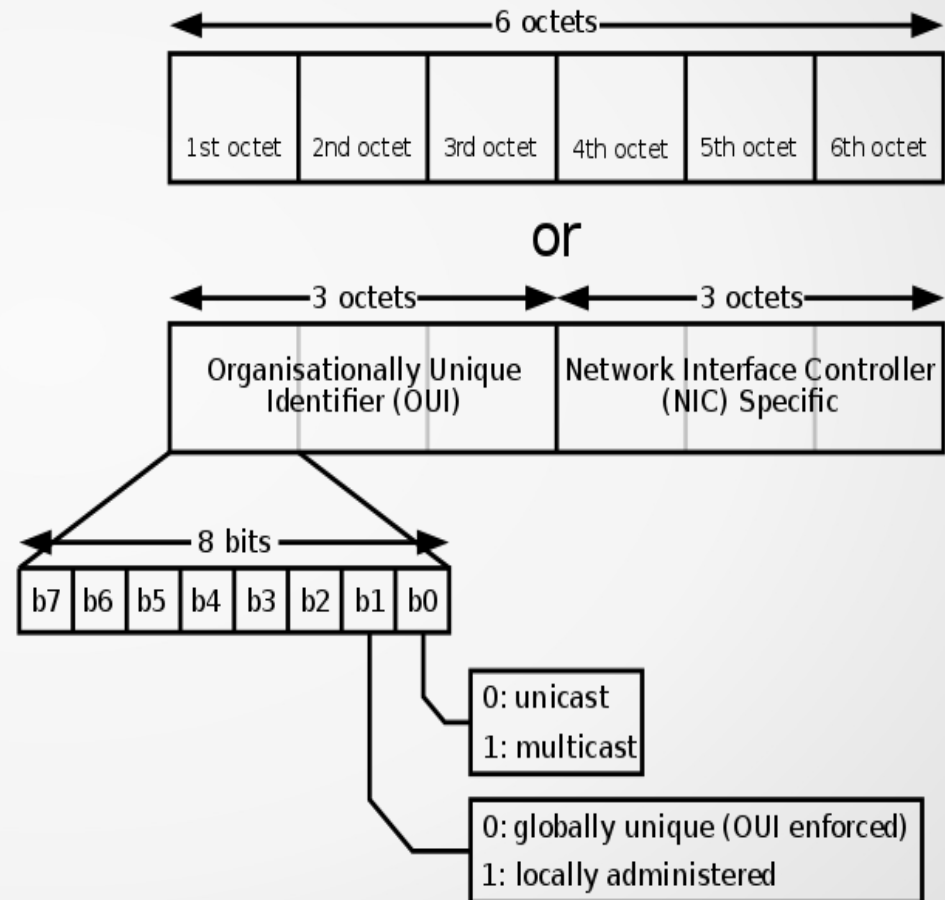
Traitement d'une trame reçue

- Lors de la réception d'une trame, l'équipement vérifie si « l'@MAC dest » correspond à la sienne
 - Si oui, il décapsule la trame et transmet le paquet aux couches supérieures
 - Si non, il rejette la trame



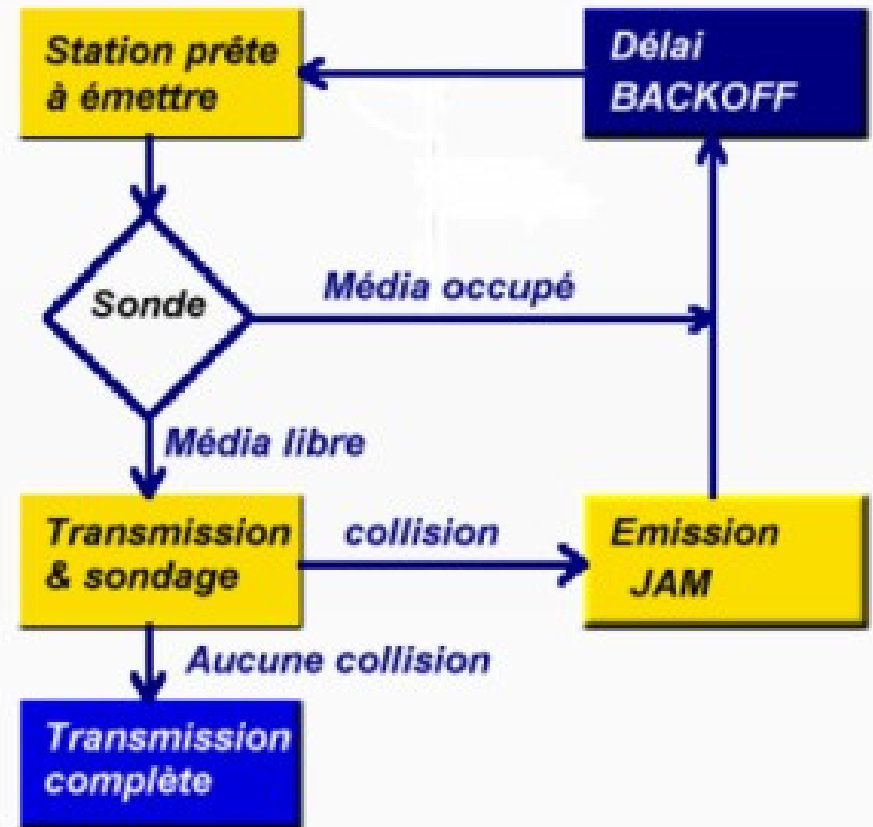
Adressage MAC

- Le support étant partagé, il est nécessaire d'identifier les machines pour pouvoir communiquer
- Adressage physique** :
 - Structure non hiérarchique
 - À l'instar d'un nom de personne
- Adresse MAC
 - 48 bits : **12 Chiffres Hex**
 - exemple
00 :60 :2F :A5 :AF :15



Accès au canal : CSMA/CD (1/2)

- Lorsque le support est partagé, plus d'un équipement ne peuvent émettre en même temps.
- Il faut alors un protocole d'accès (protocole MAC), pour régir l'accès.
- Ethernet utilise le protocole **CSMA/CD** :
 - Écouter avant d'émettre : **C**arrier **S**ens **M**ultiple **A**ccess
 - Écouter durant la transmission (Afin de détecter les collisions) : **C**ollision **D**etection



Accès au canal : CSMA/CD (2/2)

- Pour pouvoir détecter les collisions, il est nécessaire que la durée d'émission d'une trame soit \geq au temps aller/retour d'un bit entre les équipements les plus éloignés du réseau :



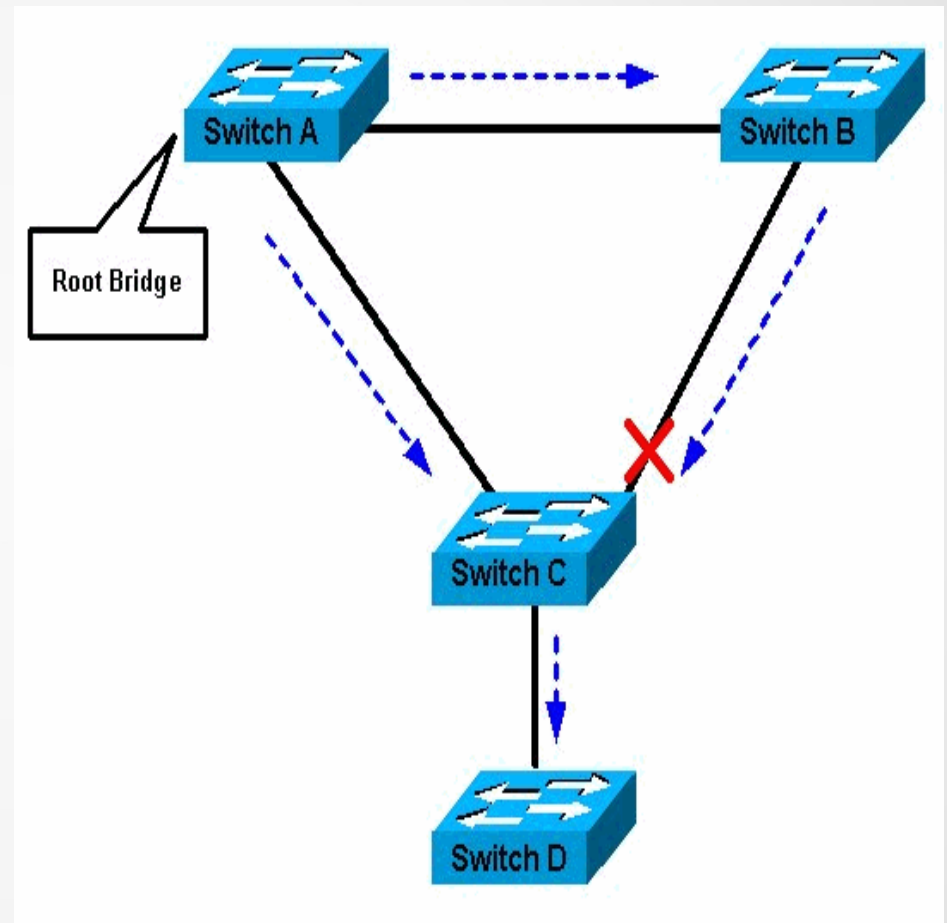
- $T_{\text{trame}} \geq 2 * t_{\text{aller/retour}}$

Débit	Long. max	Temps aller/retour	Taille min trame
10Mbps	2,5km	51,2μs(50)	64oct
1Gbps	"	"	6400oct
1Gbps	250m	5,12μs	640oct

Si le débit augmente, soit on augmente la taille min des trames, soit on réduit la longueur max du réseau

Protocole STP(1/3)

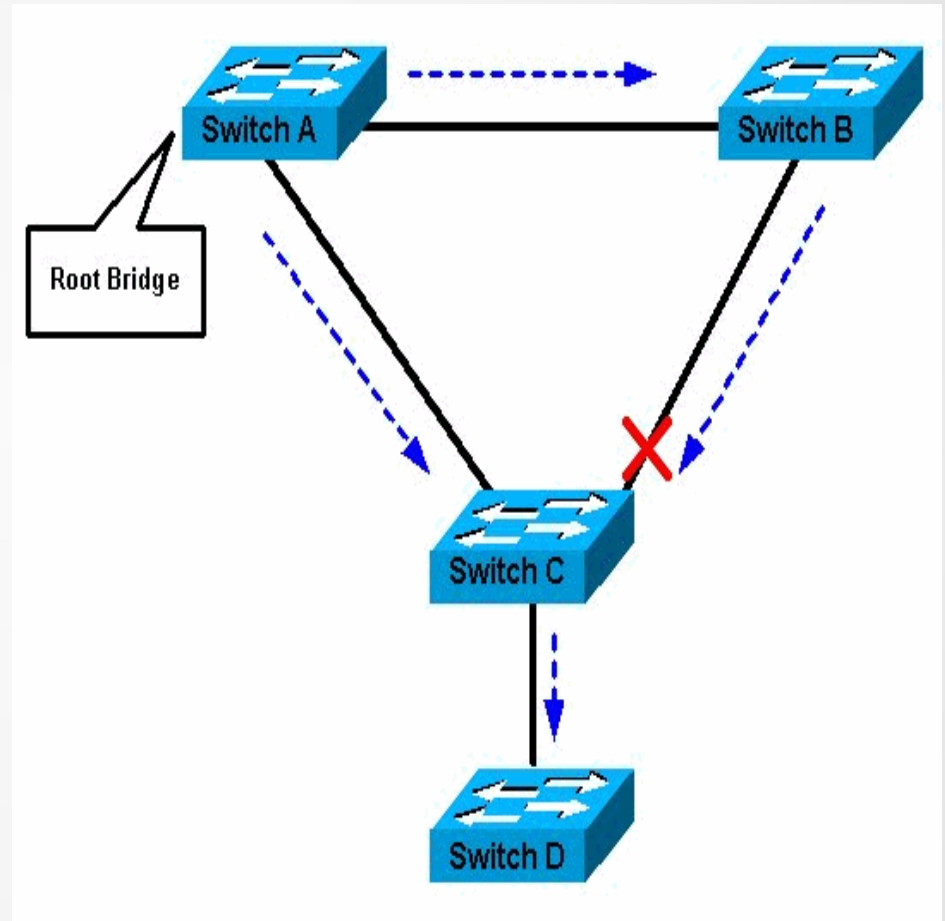
- **Réseau robuste** = plus d'équipements et de liaisons.
- **Mais** → chemins multiples → dysfonctionnement du réseau :
 - Trame de diffusion en boucle
 - Instabilité de la table CAM
- **Solution** : activer un seul chemin : **STP** (*Spanning Tree Protocol : standard 802.1D*)



Protocole STP(2/3)

Principe de fonctionnement :

1. Élection du **commutateur racine** (*Root bridge*) :
 - ID le plus faible (priorité)
2. Détermination **ports racine** (*Root Port*)
 - Chaque commutateur détermine le **port qui possède la distance la plus courte** vers le commutateur racine.



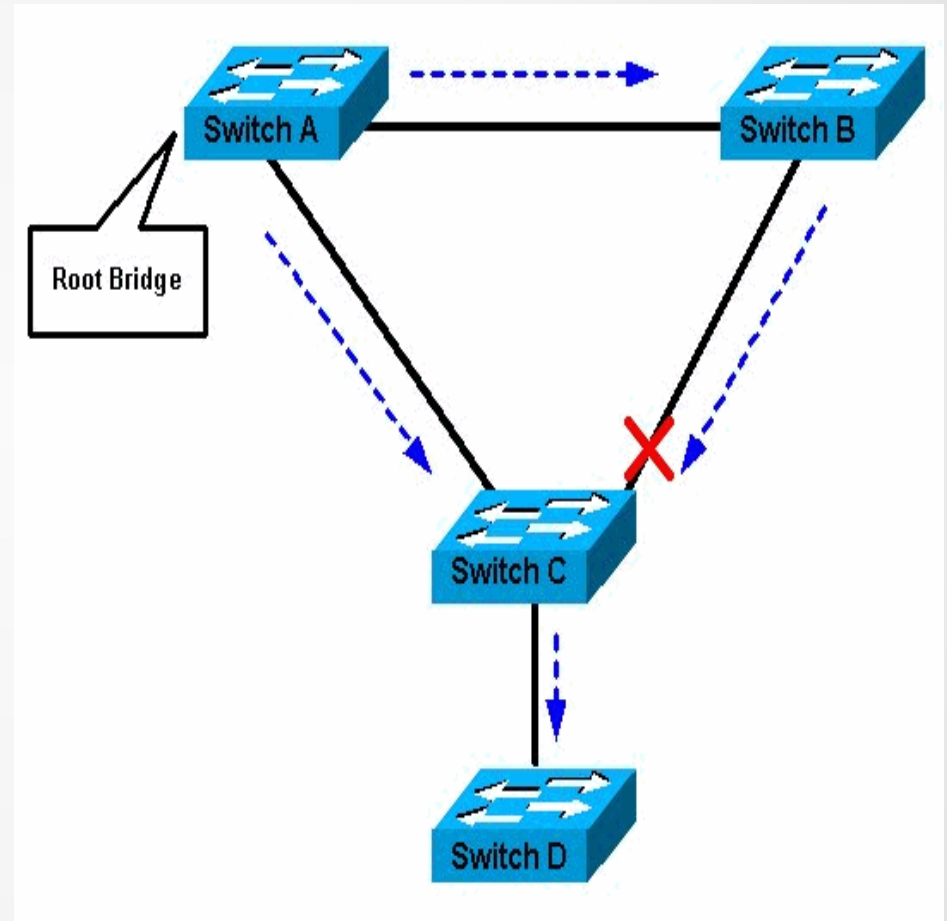
Protocole STP(3/3)

Principe de fonctionnement (suite) :

3. Détermination **ports désignés** (*designated port*)

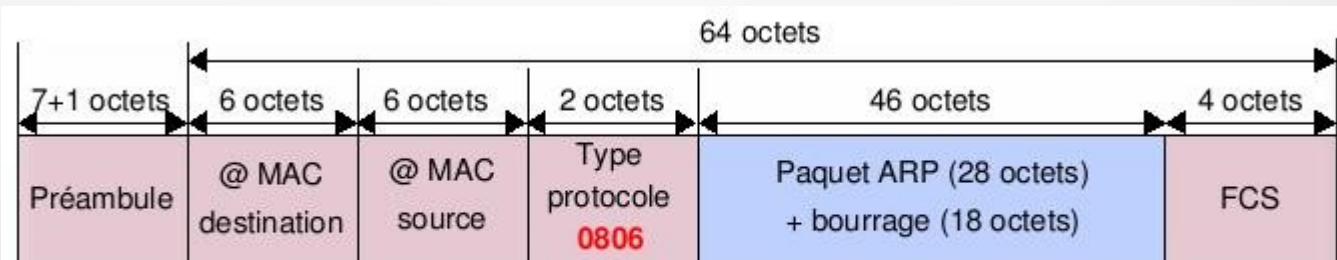
- Pour chaque segment réseau, **le port du commutateur relié qui mène vers le commutateur racine** sur le plus court chemin

4. Blocage des ports non racine et non désignés



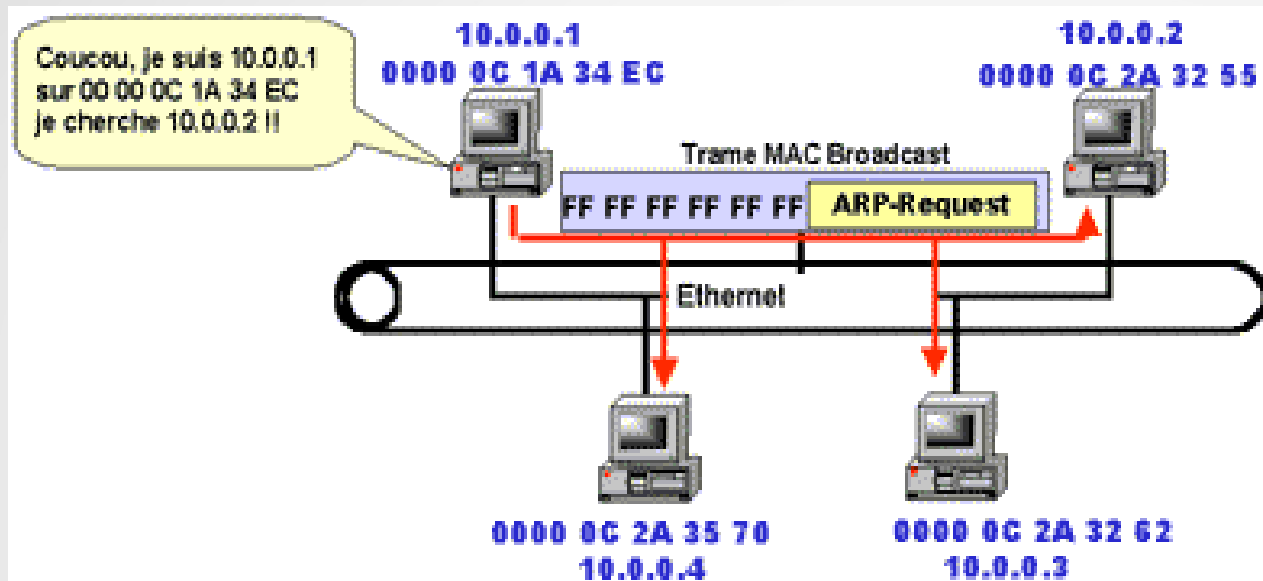
Protocole ARP (1/4)

- Pour communiquer, il faut :
 - Les @IP source et destination
 - Les @MAC source et destination
- Souvent, l'@IP destination est connue et pas l'@MAC destination
- Pour la retrouver, le protocole **ARP** (*Address Resolution Protocol*) est mis en œuvre. Il est composé de **Requête/Réponse ARP** encapsulées dans des trames Ethernet



Paquet ARP encapsulé dans une trame Ethernet

Protocole ARP (2/4) : Requête



@dest	@src	type	mat	prot	taille @phy	taille @IP	Op	@phy src	@IP src	@phy cible	@IP cible
-------	------	------	-----	------	----------------	---------------	----	-------------	------------	---------------	--------------

@dest : **ff ff ff ff ff ff** (broadcast)

@src : **00 00 0C1A 34 EC**

@IP cible : **10.0.0.2**

Type : protocole ARP : **08 06**

matériel(réseau Ethernet) : **00 01**

Protocole encapsulé (IP): **08 00**

Taille @MAC (6 octets): **06**

Taille @IP (4 octets): **04**

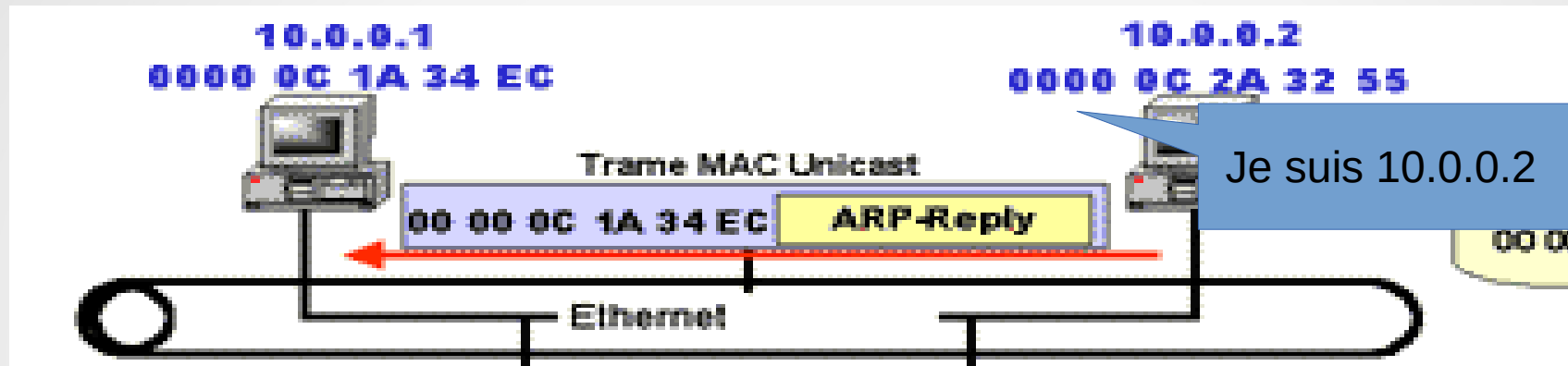
Opération : requête(**01**)/réponse(**02**)

@phys src : **00 00 0C 1A 34 EC**

@IP src : **10.0.0.1**

@MAC cible (@ recherchée): **00 00 00 00 00 00**

Protocole ARP (3/4): Réponse

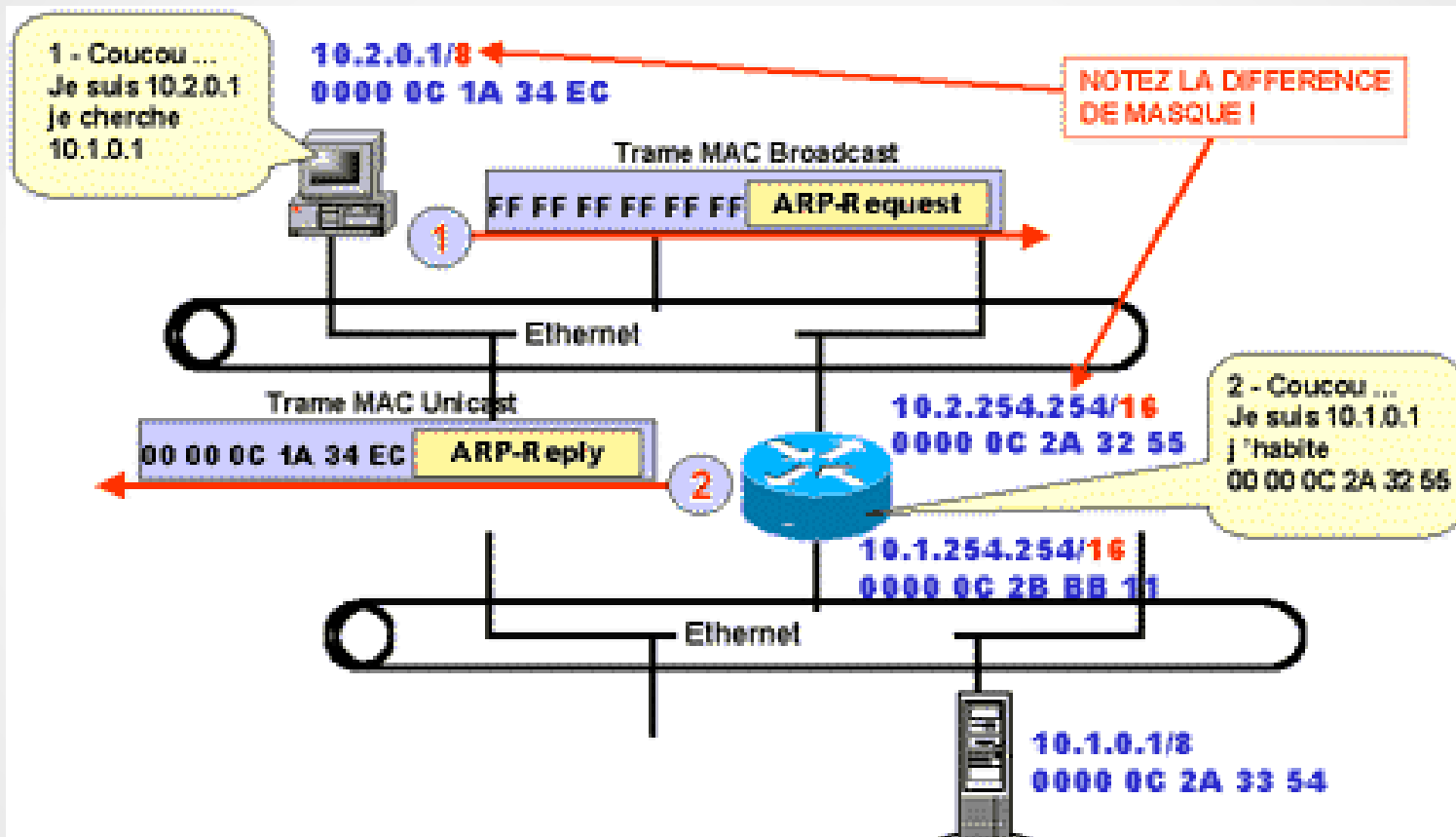


en tête Ethernet					Réponse ARP						
@dest	@src	type	mat	prot	taille @phy	taille @IP	Op	@phy src	@IP src	@phy cible	@IP cible

@dest : 00 00 0C1A 34 EC(unicast)
@src : 00 00 0C2A 32 55
@IP cible : 10.0.0.1
Type : protocole ARP 08 06
matériel(réseau Ethernet) : 00 01
Protocole (ARP):08 06
Taille @MAC (6 octets): 06
Taille @IP (4 octets): 04

Opération : requête(01)/réponse(02)
@phys src : 00 00 0C 2A 32 55
@IP src : 10.0.0.2
@MAC recherchée: 00 00 0C2A 32 55

Protocole ARP (4/4): Proxy ARP



Lorsque l'@ IP recherchée se trouve sur un autre réseau, la passerelle par défaut répond à sa place

Conclusion

- Nous avons étudié dans ce chapitre, la transmission au sein d'un réseau (**Ethernet**)
- Nous avons vu :
 - Sa **structure** (topologie physique, type et longueur de support, type d'équipements)
 - Son **fonctionnement** (topologie logique, protocole d'accès, protocole ARP, protocole STP,...)
- Nous étudierons dans le prochain chapitre, la transmission entre réseaux : la **couche réseau**