

5 Couche liaison

Un réseau qui met en œuvre les couches 1 et 2 pour interconnecter sur une petite zone des équipements informatiques est un réseau local. Il ne nécessite aucun contrat auprès d'un fournisseur d'accès.

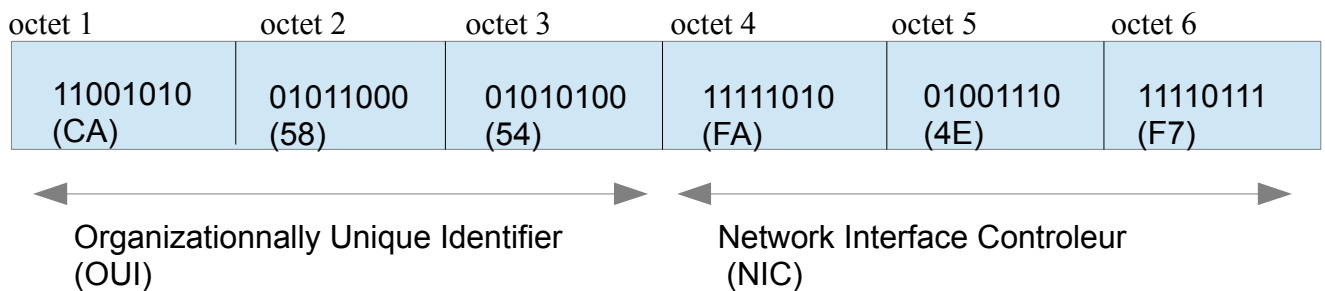
- une couche physique
- une méthode d'accès
- un adressage et une organisation (format) des données envoyées sur le support
- éventuellement un mécanisme de contrôle d'erreurs
- éventuellement un mécanisme de contrôle de flux

5.1 Adressage de niveau 2

Chaque carte réseau dispose d'un identifiant unique de niveau 2 appelé adresse **MAC** (*Media Accès Control address*).

L'espace d'adressage est gérée par l'IEEE et l'adresse intégrée directement dans la carte par le constructeur.

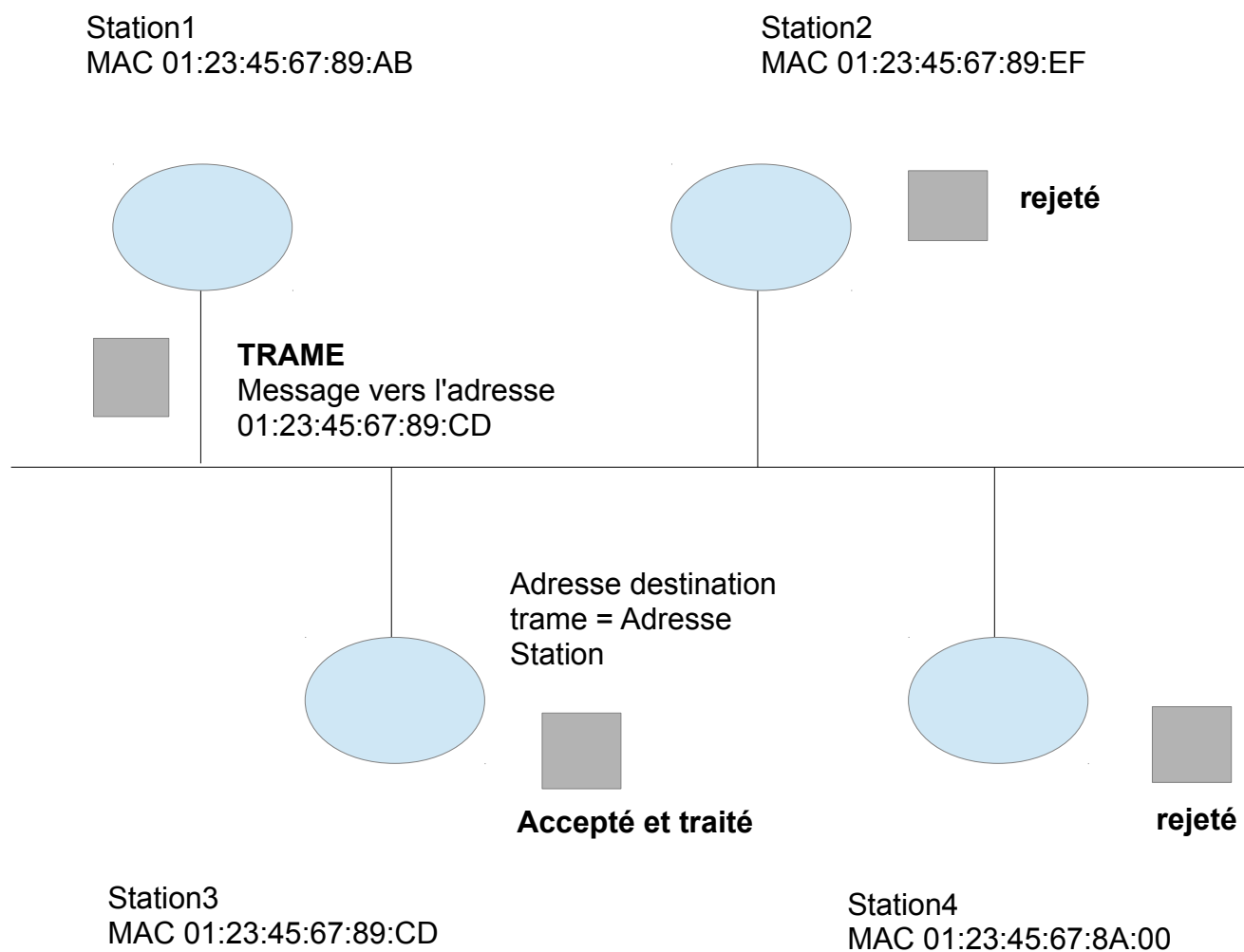
Adresse = ca:58:54:fa:4e:f7



Le support de communication est à **diffusion** c'est à dire qu'un message est reçu par toutes les stations du réseau. D'où un **filtrage fait par l'adresse MAC** de destination.

Un message **d'adresse de diffusion** (*broadcast*) ff:ff:ff:ff:ff:ff sera accepté et traité par toutes les stations.

► *Filtrage des messages sur l'adresse de destination*



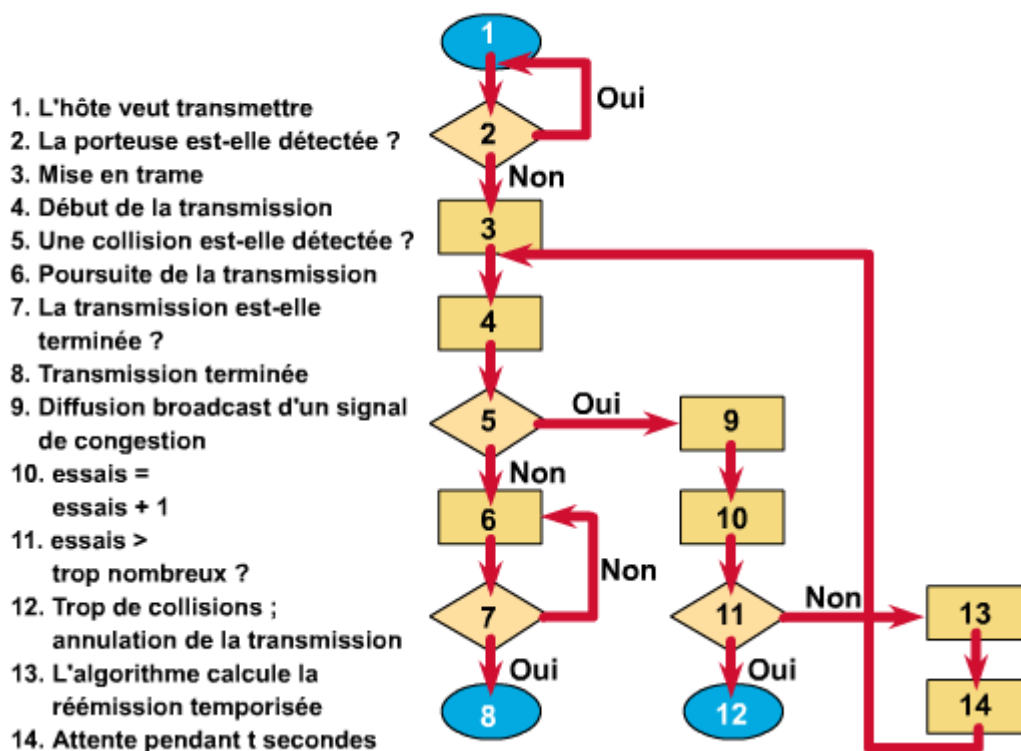
5.2 Accès au support

L'accès est de deux types, celui des méthodes dites *sans contention*, l'accès y est distribué comme dans une salle de classe où la parole est donnée à l'élève par le maître. Et celui des méthodes *avec contention*, l'accès est pris aléatoirement, il peut donc y avoir des collisions. Comme dans une conversation où 2 personnes prennent en même temps la parole, s'arrêtent. L'une reprenant seule ensuite.

► Le CSMA/CD

Le protocole CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, ou accès multiple avec détection de porteuse) est un protocole aléatoire où les stations peuvent émettre à tout instant, ce qui donne lieu à des contentions d'accès. Cette méthode est dite probabiliste puisque le délai d'attente après collision entre plusieurs trames suit une loi aléatoire. Elle est basée sur la connaissance de l'activité récente du canal. Le CSMA/CD consiste à forcer l'attente de la station tant que le canal est occupé.

Ethernet CSMA/CD



► Contraintes de dimensionnement

T_0	A émet trame(A-B)
$T_0 + tp(AB) - \epsilon$	B émet trame(B-A)
$T_0 + tp(AB)$	B reçoit trame(A-B) et détecte la collision
$T_0 + 2 * tp(AB) - \epsilon$	A reçoit trame(B-A) et détecte la collision si et seulement elle est toujours en train d'émettre soit

Or temps d'émission = L/D où L est la longueur (bit) de la trame et D le débit binaire (bit/s)

soit $T_0 + L/D > T_0 + 2t_p(AB)$ si on néglige ε

soit $\underline{L/D > 2 * t_p}$

et $t_p = \text{distance}(A-B) / v_p$ vitesse de propagation propre au support

5.3 format de données cas particulier d'Ethernet

Le protocole **Ethernet** a été développé entre 1973 et 1975 par Xerox Parc. Le réseau s'articule autour d'un bus à diffusion. Le support à l'origine était un câble coaxial remplacé maintenant par une **paire torsadée**. La méthode d'accès est le CSMA/CD, le contrôle d'erreur est assuré par un code à redondance cyclique sur 32 bits. Les débits vont de 10Mbits/s à 10Gbits/s. La norme est le standard IEEE 802.3.

► Format de trame

7 octets	1 octet	6 octets	6 octets	2 octets	46 à 1500 octets	4 octets
Préambule	SFD	Adresse destination	Adresse source	Longueur ou type	Données	FCS

5.4 Interconnexion

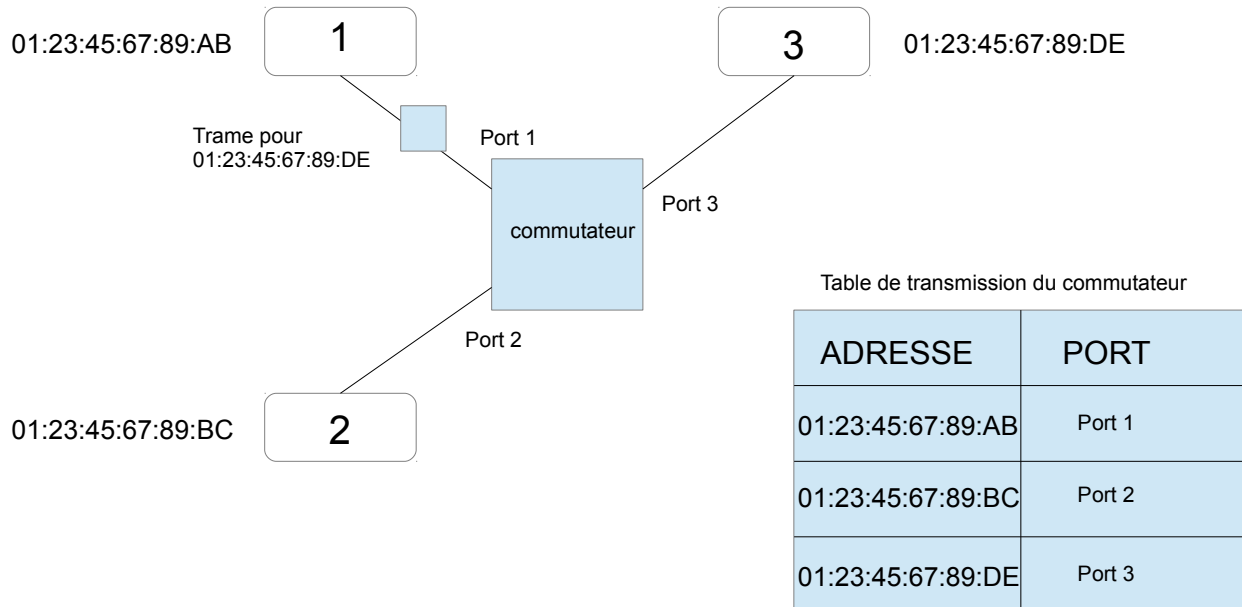
Les contraintes physiques d'atténuation du signal et la méthode CSMA/CD comme vu précédemment entraînent des limitations de distance. On utilise principalement deux équipements intermédiaires pour interconnecter des réseaux filaires et créer des réseaux locaux plus importants : **le concentrateur (hub)**, **le commutateur (switch)**.

► Le concentrateur

Équipement de niveau 1 qui n'effectue aucun traitement sur la trame et transmet sur tous ses ports toute trame reçue sur l'un de ses ports. Bien que la **topologie physique soit en étoile**, la topologie **logique est celle d'un bus à diffusion**.

► Le commutateur

Équipement de niveau 2 qui analyse les trames qui circulent pour déterminer quelles stations se situent derrière ses ports. Il ne transmet une trame que sur le port où se situe la station destination de la trame. Il y a donc un filtrage de niveau 2 sur l'adresse MAC. **Topologie logique en étoile** avec **même domaine de diffusion** mais un **domaine de collision propre à chaque port**. Si le segment entre le port et la station est en **full-duplex**, il n'y a alors plus de collision possible.

Fonctionnement du commutateur et table de transmission

6 la couche réseau : internet et le protocole IP

6.1 Spécificités d'internet

Le réseau internet est tellement étendu et hétérogène qu'il est impossible de se limiter aux réseaux locaux interconnectés à l'aide de commutateur. Le **protocole IP** (Internet Protocol) est un protocole de niveau 3 qui va jouer le rôle d'une couche unificatrice afin d'interconnecter des réseaux ayant des protocoles de niveau 2 différents. Un nouvel appareillage, **le routeur**, permettra l'interconnexion de 2 réseaux. Par un **protocole de routage**, il calculera la meilleure route sur internet pour atteindre la destination.

6.2 le protocole IP

6.2.1 Adressage

Une adresse IPv4 (Internet Protocol version 4) est une identification unique pour un hôte sur un réseau IP. Une adresse IP est un nombre d'une valeur de 32 bits représentée par 4 valeurs décimales pointées ; chacune a un poids de 8 bits (1 octet) prenant des valeurs décimales de 0 à 255 séparées par des points. La notation est aussi connue sous le nom de « décimale pointée ».

► Identification de la classe d'adresse

Les Classes

A l'origine d'IPv4, on distingue une organisation en classes d'adresses dont la quatre premiers bits indiquent la classe.

Classe	Bits de départ	Début	Fin	Notation cidr	Masque de réseau par défaut
Classe A	0	0.0.0.0	127.255.255.255	/8	255.0.0.0
Classe B	10	128.0.0.0	191.255.255.255	/16	255.255.0.0
Classe C	110	192.0.0.0	223.255.255.255	/24	255.255.255.0
Classe D (multicast)	1110	224.0.0.0	239.255.255.255		non défini
Classe E (réservée)	1111	240.0.0.0	255.255.255.255		non défini

Notes sur les Classes d'adresses :

- Seules les adresses de Classes A, B et C sont assignables à des interfaces (adresse d'Unicast)
- La classe D est utilisée pour des adresses de Multicast (adresse unique identifiant de nombreuses destinations)
- La classe E est utilisée pour des besoins futurs ou des objectifs scientifiques

Adresses spécifiques :

- Les adresses commençant de 127.0.0.0 à 127.255.255.255 sont réservées pour le bouclage (loopback)
- Adresses privées non routables vers l'Internet sont :
 - Pour la classe A : de 10.0.0.0 à 10.255.255.255
 - Pour la classe B : de 172.16.0.0 à 172.31.255.255

- Pour la classe C : de 192.168.0.0 à 192.168.255.255

Distinction de la partie réseau de la partie hôte

Par défaut :

- La partie **réseau** des adresses de **Classe A** portera sur le premier octets et la partie **hôte** sur les trois derniers ($2^{24} = 16\,777\,216$ hôtes possibles par réseau)
- La partie **réseau** des adresses de **Classe B** portera sur les deux premiers octets et la partie **hôte** sur les deux derniers ($2^{16} = 65\,536$ hôtes possibles par réseau)
- La partie **réseau** des adresses de **Classe C** portera sur les trois premiers octets et la partie **hôte** sur le dernier ($2^8 = 256$ hôtes possibles par réseau).

Partie Réseau

Partie Hôte

Adresse de la Classe A	100 . 150 . 25 . 3	2 exp 24 = 16 777 216 hôtes possibles par sous-réseaux
Adresse de la Classe B	136 . 10 . 100 . 25	2 exp 16 = 65 536 hôtes possibles par sous-réseaux
Adresse de la Classe C	195 . 74 . 212 . 12	2 exp 8 = 256 hôtes possibles par sous-réseaux

Exemple d'adresses IP avec les hôtes possibles dans ce réseau, par défaut

► Utilisation d'un masque

Un masque va préciser de manière certaine dans quel réseau se trouve un adresse IP et en conséquence :

L'adresse du réseau (appelée aussi numéro de réseau, non assignable)

L'adresse de broadcast (adresse visant toutes les destinations, non assignable)

La plage d'adresses utilisables (de la première à la dernière en dehors des adresses précitées)

Un masque sera une suite de 32 bits divisée en 4 octets pointés composée uniquement d'abord d'une suite de 1 et, après, d'une suite de 0. La notation est aussi décimale pointée. Toutefois, on trouvera une autre notation dite CIDR qui représente le nombre de bits pris par la partie réseau du masque.

Méthode par calcul binaire

L'adresse du réseau, l'adresse de broadcast et la plage d'adresses utilisables peut être obtenu à partir d'un calcul booléen de type ET ou la conjonction logique (une proposition est vraie lorsque les deux termes sont tous les deux vrais) :

a. Obtenir l'adresse du réseau :

Pour l'adresse IP 140.159.125.25, adresse de classe B à laquelle on applique un masque par défaut de 255.255.0.0 :

10001100.10011111.01111101.00011001	140.159.125.25
11111111.11111111.00000000.00000000	255.255.0.0

10001100.10011111.00000000.00000000	140.159.0.0

L'adresse du réseau est donc 140.159.0.0

b. Obtenir l'adresse de broadcast :

On va remplacer les bits de valeur 0 de la partie hôte du résultat obtenu pour l'adresse de réseau par des bits de valeur 1 :

10001100.10011111.00000000.00000000	140.159.0.0
par	
10001100. 10011111. 11111111. 11111111	140.159.255.255

c. Obtenir la plage d'adresses de ce réseau :

La plage d'adresse du réseau sera comprise entre la première adresse utilisable et la dernière utilisable, autrement dit, celle qui suit l'adresse du réseau et celle qui précède l'adresse de broadcast :

De	
10001100.10011111.00000000.00000001	140.159.0.1
A	
10001100. 10011111. 11111111. 11111110	140.159.255.254

Masques restrictifs, masque de sous-réseau

Les masques présentés ci-dessus sont des masques appartenant par défaut à chaque classe d'adresse. On pourra utiliser d'autres masques plus restrictifs afin de diviser un réseau en plusieurs sous-réseaux afin d'optimiser un plan d'adressage.

On va emprunter des bits à la partie hôte au profit de la partie réseau. De manière intuitive, on peut considérer qu'à partir d'un réseau de classe C de 256 adresses possibles, on pourra, par exemple obtenir 4 sous-réseaux différents de 64 adresses. Dans ce cas-ci, on dira que l'on a emprunté deux bits à la partie hôtes ($2 \exp 2 = 4$) ne restant que 6 bits pour les hôtes ($2 \exp 6 = 64$).

La première et la dernière adresse sont non valides. On obtiendrait donc 4 sous-réseaux avec chacun 62 hôtes possibles $(64-2)M$.

Par exemple :

Pour l'adresse IP 195.74.212.78, adresse de classe C à laquelle on applique un masque par défaut de 255.255.255.192 par la même méthode que présenté ci-avant :

a. Obtenir l'adresse du réseau :

11000011.01001010.11010100.01001110	195.74.212.78
11111111.11111111.11111111.11000000	255.255.255.192

11000011.01001010.11010100.01000000	195.74.212.64

L'adresse du réseau est donc 195.74.212.64

b. Obtenir l'adresse de broadcast :

On va remplacer les bits de valeur 0 de la partie hôte du résultat obtenu pour l'adresse de réseau par des bits de valeur 1 :

11000011.01001010.11010100.01000000	195.74.212.64
-------------------------------------	---------------

11000011. 01001010. 11010100.01111111

195.74.212.127

c. Obtenir la plage d'adresses de ce réseau :

La plage d'adresse du réseau sera comprise entre la première adresse utilisable et la dernière utilisable, autrement dit, celle qui suit l'adresse du réseau et celle qui précède l'adresse de broadcast :

De

11000011.01001010.11010100.01000001

195.74.212.65

A

11000011.01001010.11010100.01111110

195.74.212.126

d. Obtenir l'adresse du prochain sous-réseau : calcul du pas

Les pas de sous-réseau est obtenu en retirant à 256 la valeur intéressante du masque autre que 0 et 255.

Ici $256 - 192 = 64$. Les sous-réseau seront espacés de ce pas.

réseau 1 : 195.74.212.0 réseau 2 : 195.74.212.64 réseau 3 : 195.74.212.128 195.74.212.192

Méthode du nombre magique 195.74.212.78

	Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4	Commentaire
Adresse IP	195	74	212	78	
Masque	255	255	255	192	
Numéro de sous-réseau	195	74	212	64	Nombre magique = $256 - 192 = 64$ (1° multiple inférieur dans l'adresse IP)
Première adresse utilisable	195	74	212	65	Ajouter 1 au dernier octet du numéro de sous-réseau
Adresse de Broadcast	195	74	212	127	$64 + 64 - 1 = 127$
Dernière adresse utilisable	195	74	212	126	Soustraire 1 du dernier octet de l'adresse de broadcast

6.2.2 Format d'un paquet IP

0	4	8	16	19	31
Version	IHL	Type of Service	Total Length		
Identification			Flags	Fragment Offset	
Time To Live		Protocol	Header Checksum		
Source IP Address					
Destination IP Address					
Options					Padding

6.3 communication IP

A ----> B paquet IP voir le schéma, il étend la description faite ici à A--->R--->R'--->B

A:

IPB et masque_SR = SR A ???

OUI B est sur SRA donc envoi directe / encapsulation dans une trame avec adresse MAC_destination=MACB connu de A

NON A ----> Routeur R / encapsulation dans une trame avec MAC_Destination=MACR et IP__destination=IPB.

R:

Décapsulation de la trame et confrontation avec la *Table de Routage* de R

(IP_destination=IPB) et Masque_SRi = SRi

Indirect : R ----> R' (passerelle vers SRi) qui lui même pourra envoyer vers vers R" etc...

Direct : R----> B car B est sur SRR. R envoi directement via MACB qu'il connaît.

Remarque : pour acheminer un paquet IP sur un même sous-réseau, il est nécessaire de faire correspondre à une adresse IP une adresse mac.

2 protocoles existent pour ce faire *ARP* (*Address resolution Protocole*) pour IPV4 et *Neighbor Discovery pour IPV6*

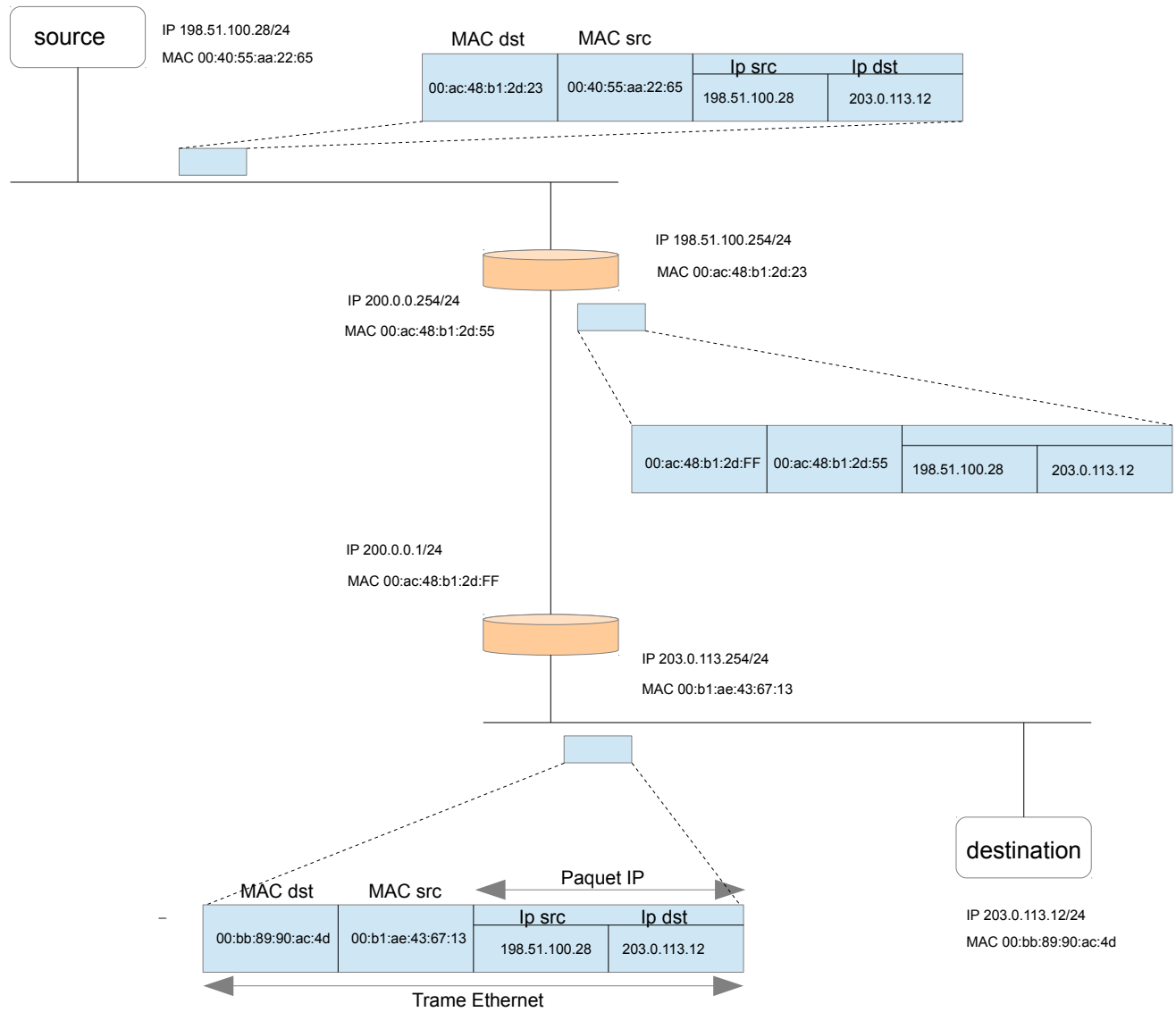


table de routage du routeur 1

Réseau de destination	Masque	passerelle
IP 198.51.100.0	255.255.255.0	direct
IP 203.0.113.0	255.255.255.0	200.0.0.1
IP 200.0.0.0	255.255.255.0	direct

Exercice

1°) Donner le réseau d'appartenance des stations source et destination

2°) Donner la table de routage du routeur 2

6.4 les protocoles de routage