

Synthèse

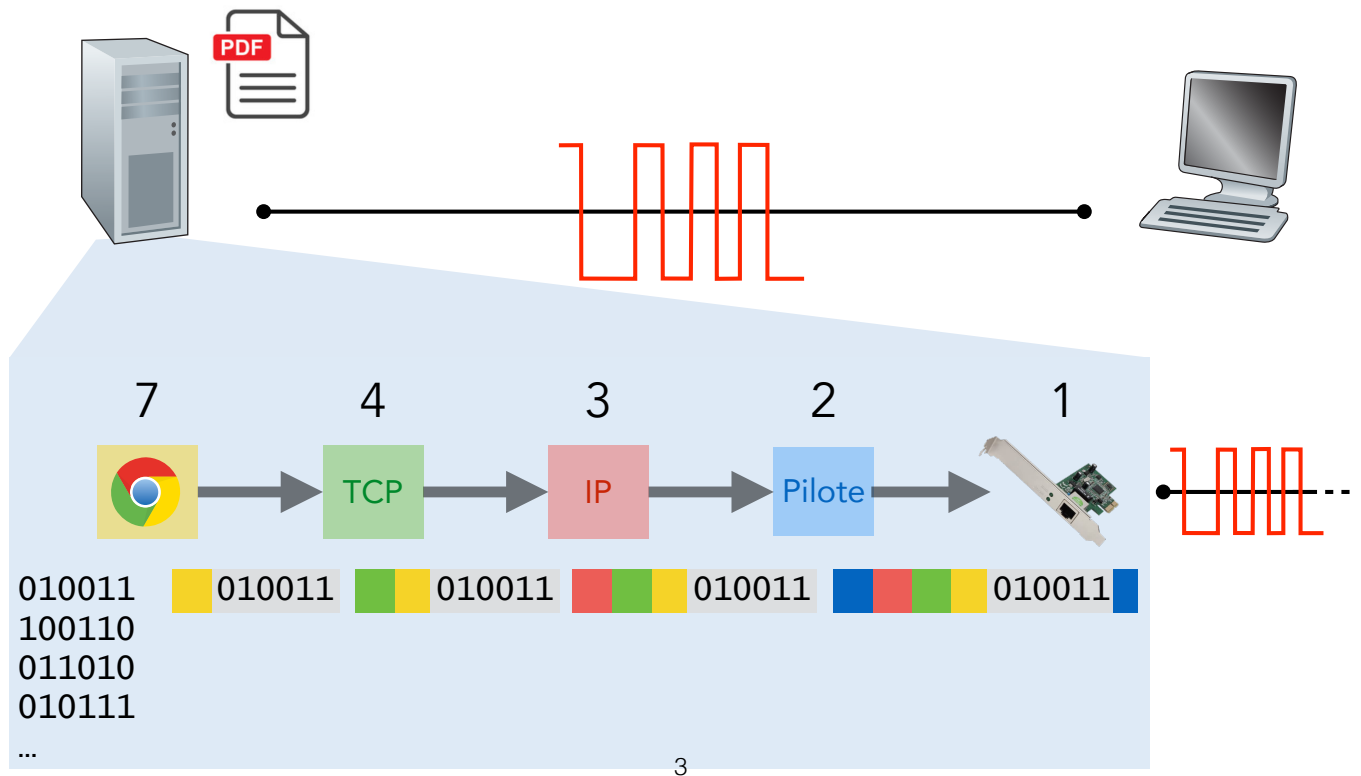
UE LU3IN033 Réseaux
2020-2021

Prométhée Spathis
promethee.spathis@sorbonne-universite.fr

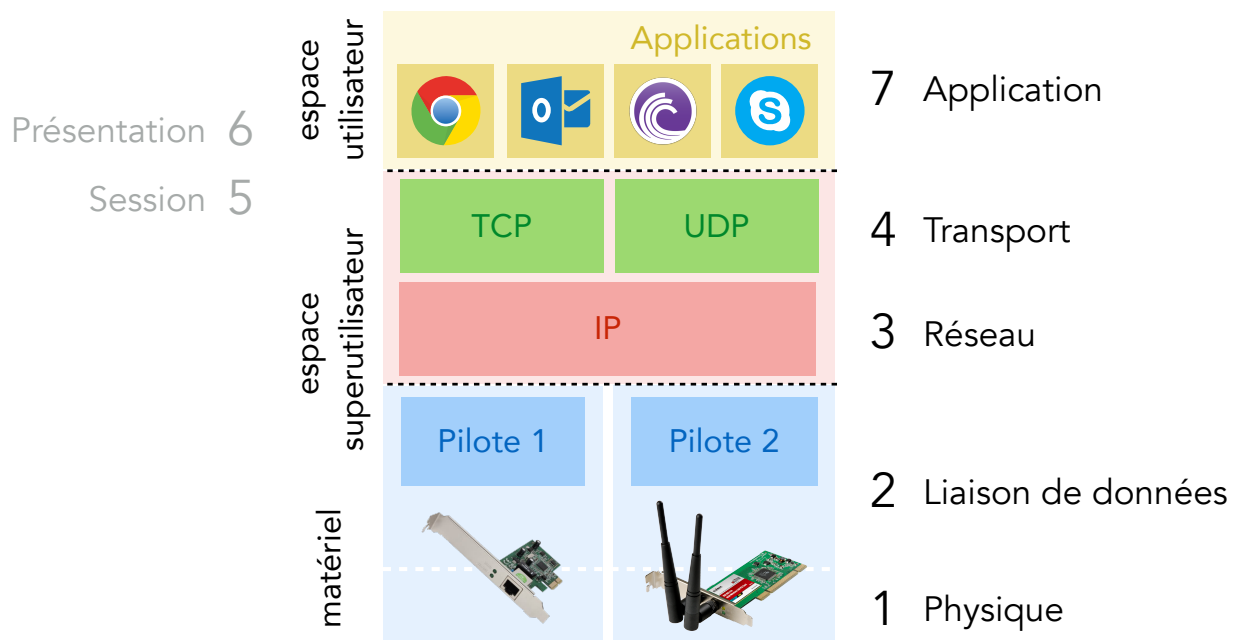
Liste des rappels

- Structuration en couches
 - Encapsulation et désencapsulation : entêtes (et enquête)
 - Multiplexage et démultiplexage : champs type, protocole, numéro de port
- Remplissage des entêtes
 - Entête IP : DHCP, DNS
 - Entête Ethernet : ARP
- Taille des champs données
 - MTU et fragmentation
- Adressage
 - Plat vs hiérarchique
- Acheminement et routage
 - Calcul de chemin
- Réseaux locaux
 - Ethernet et CSMA/CD
- Connexion et états
 - états durs vs mous vs mobiles

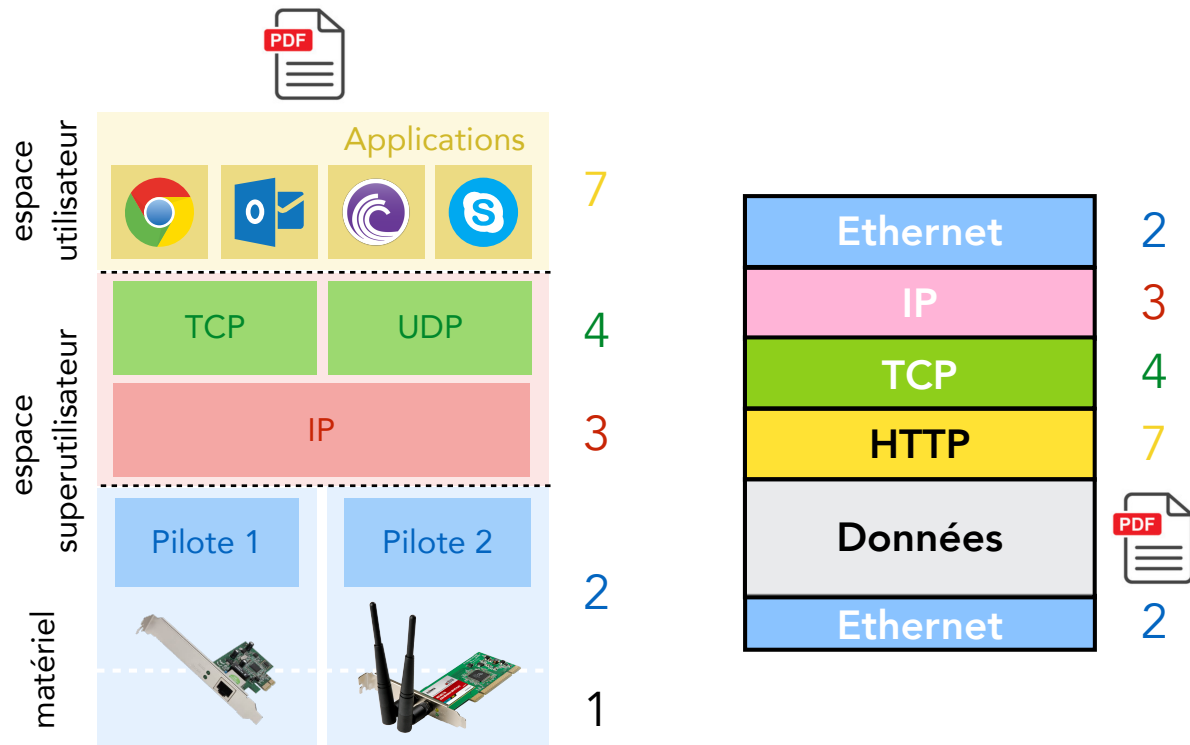
Encapsulation des données



Structuration en couches



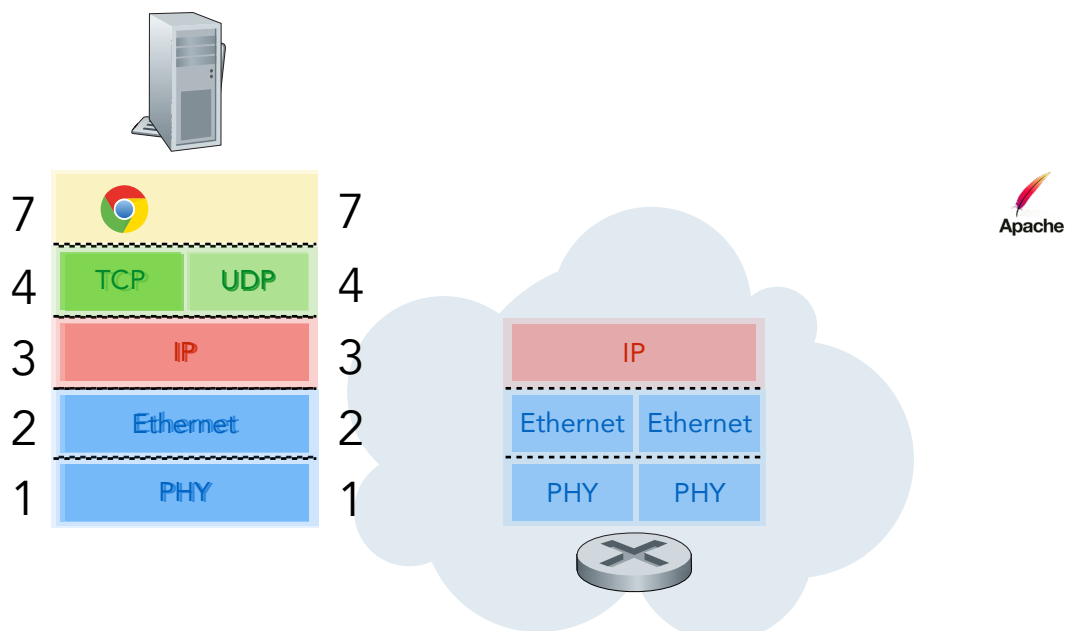
Structuration en couches



5

Périphérie versus cœur du réseau

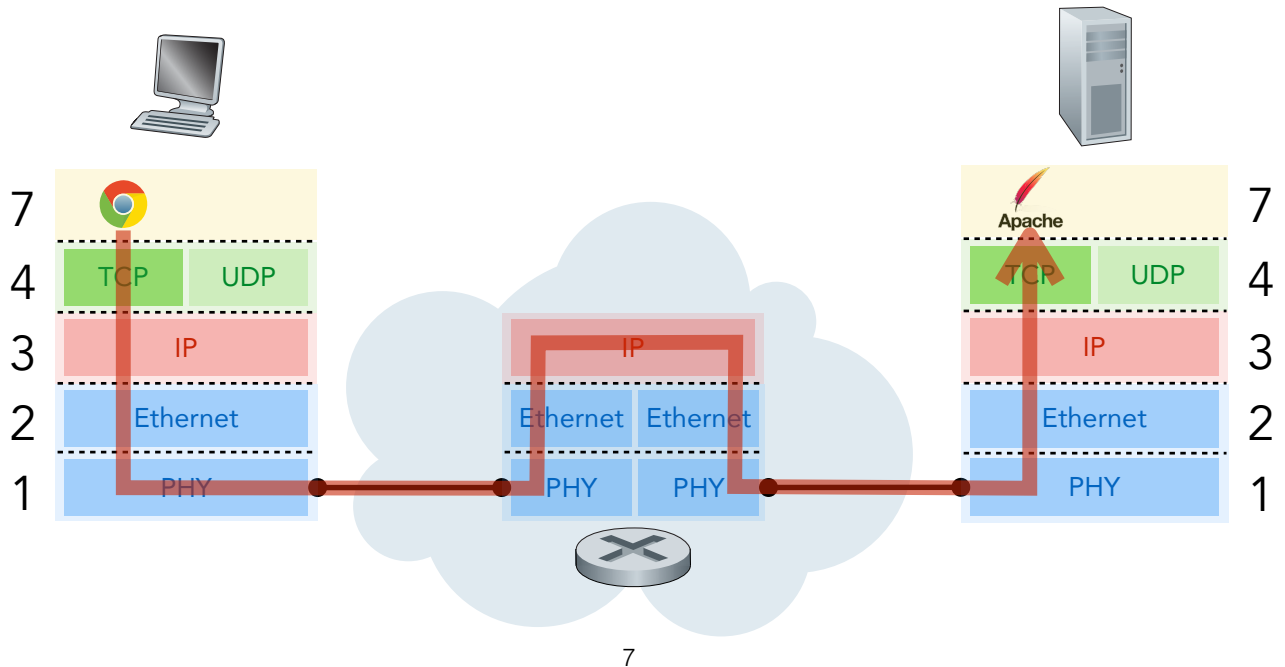
Machines hôtes vs routeurs



6

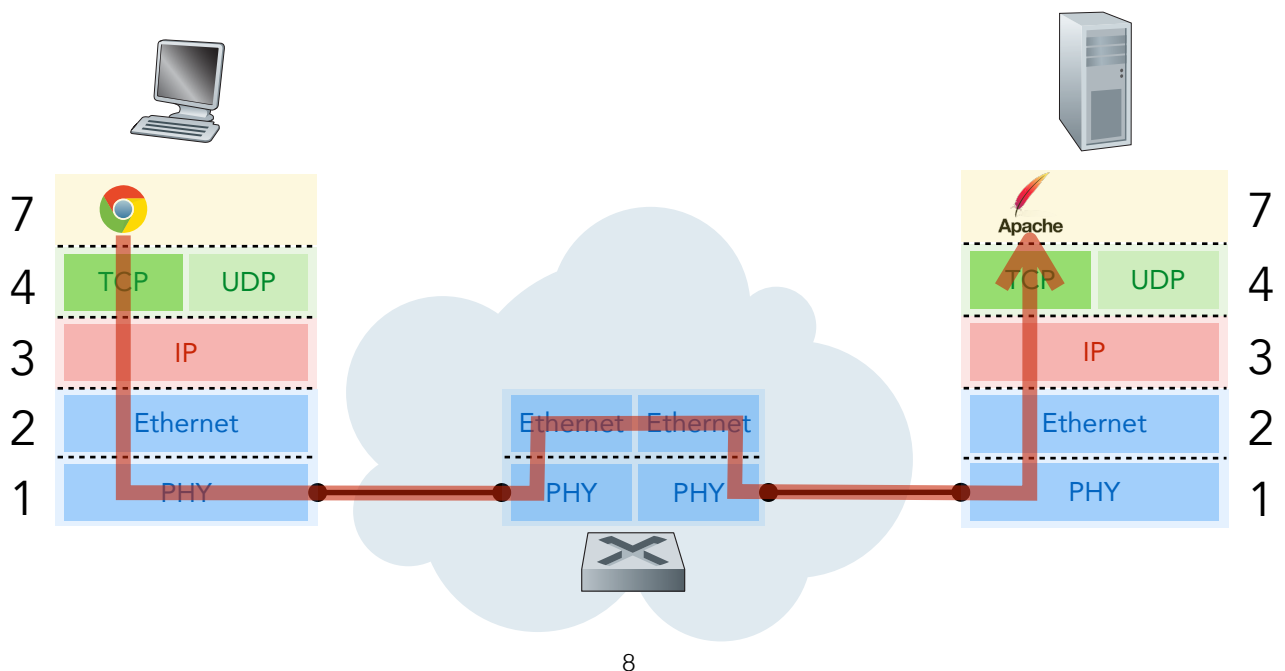
Périphérie versus cœur du réseau

Machines hôtes vs routeurs



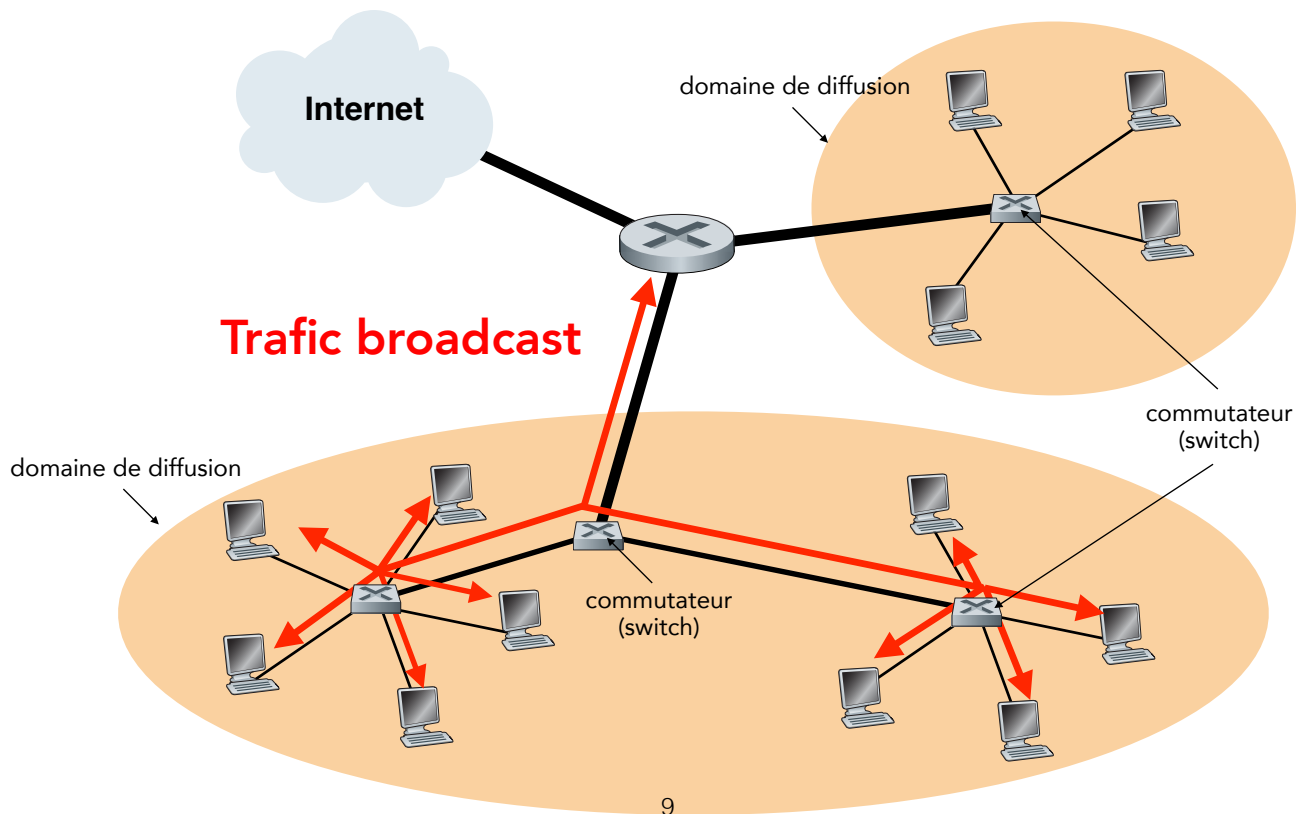
Périphérie versus cœur du réseau

Machines hôtes vs commutateurs

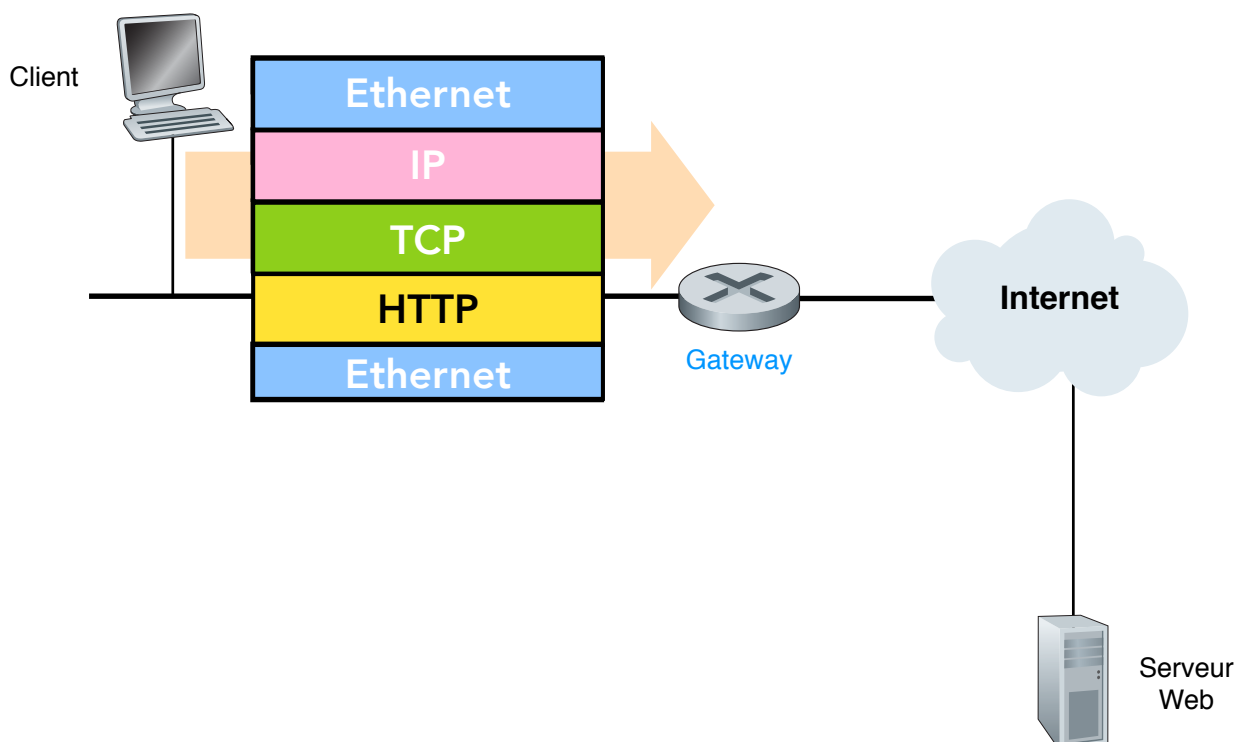


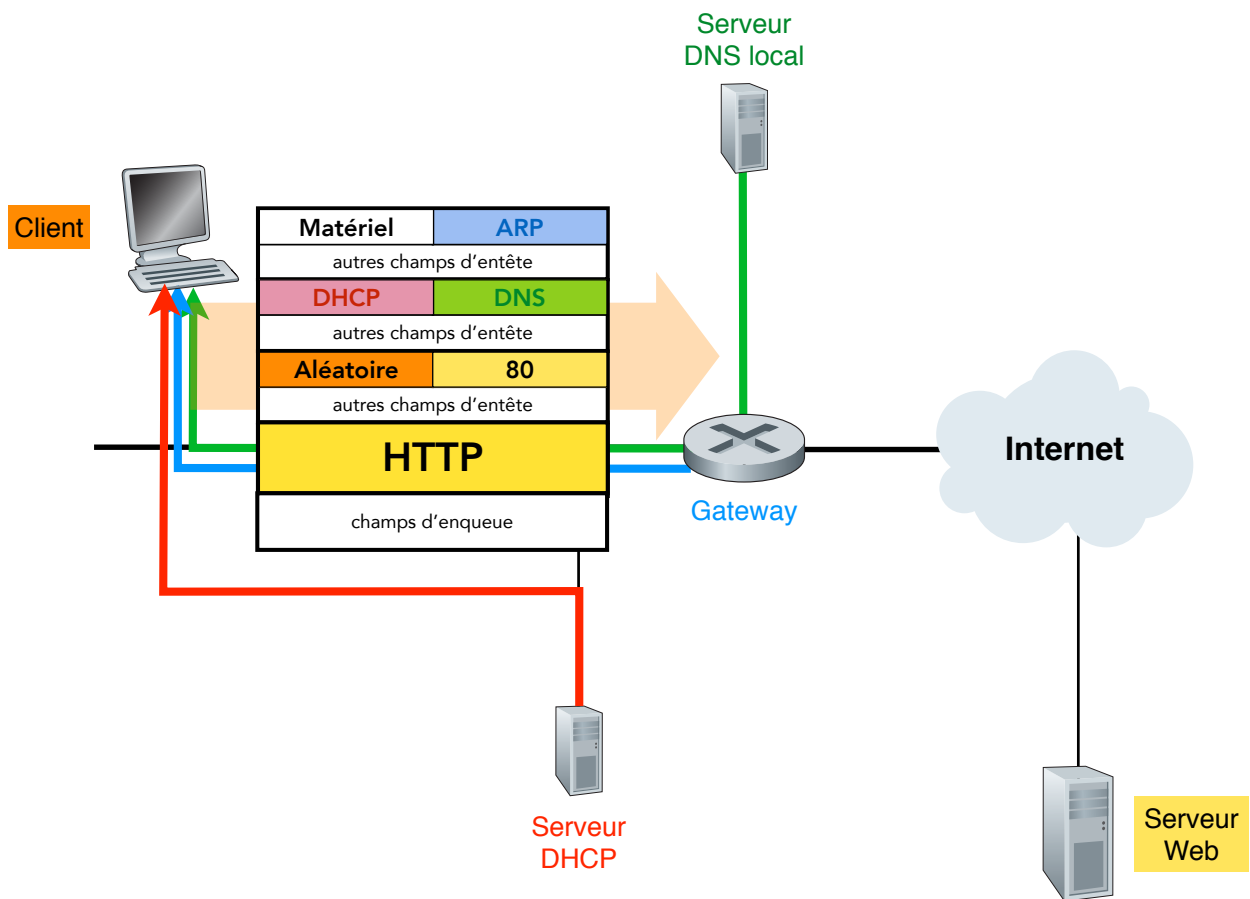
Commutateur vs routeur

Domaine de collision

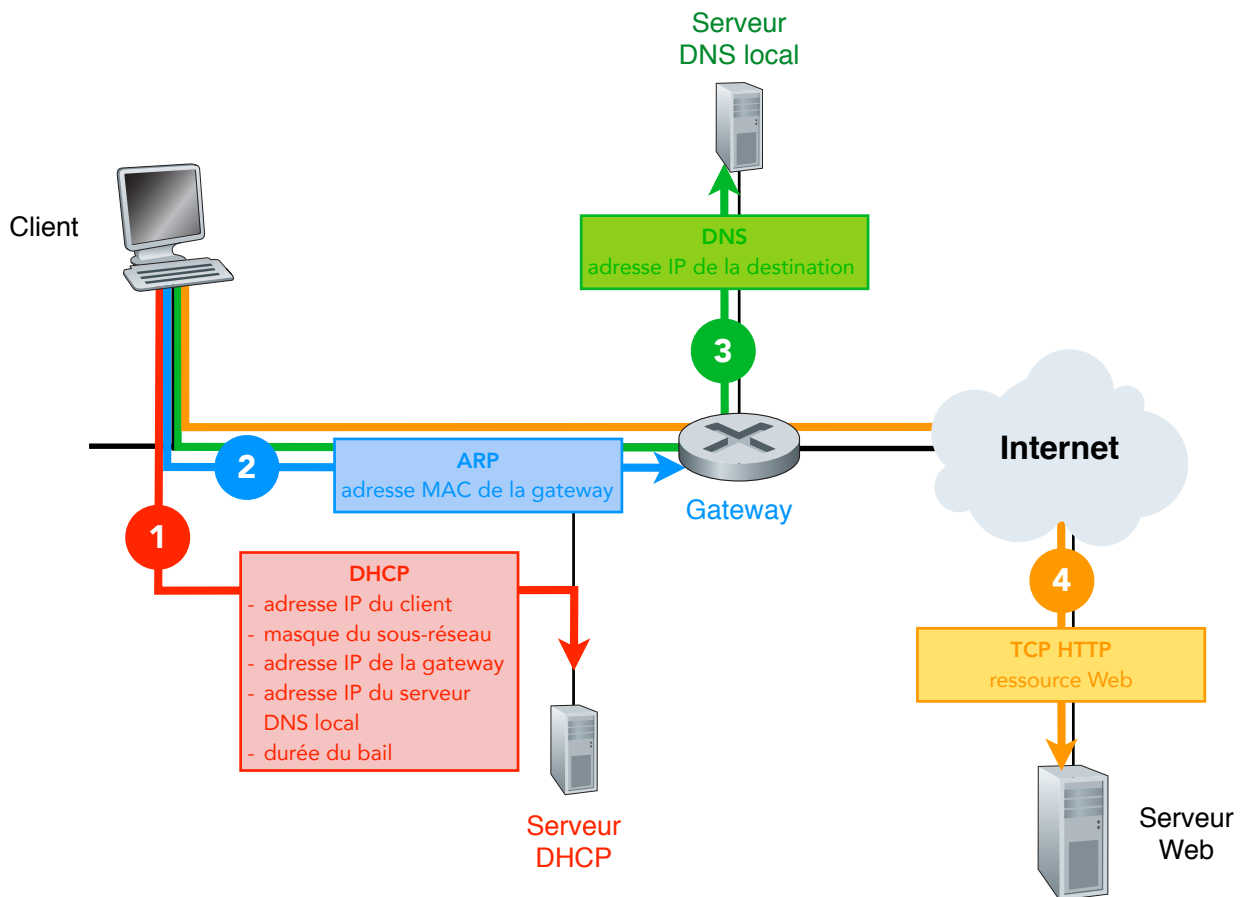


Remplissage des entêtes



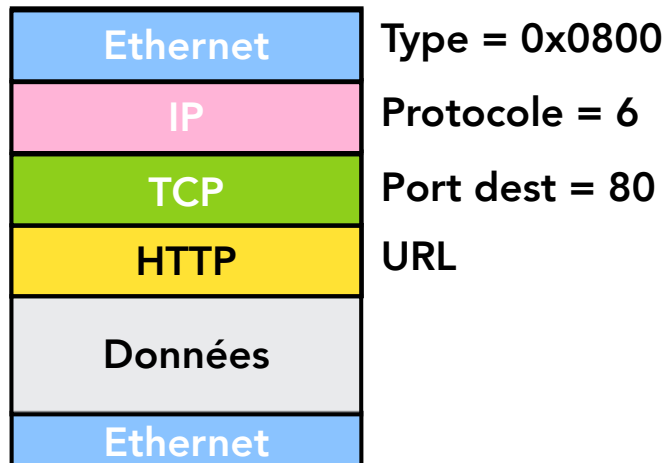


11



12

Dé-multiplexage

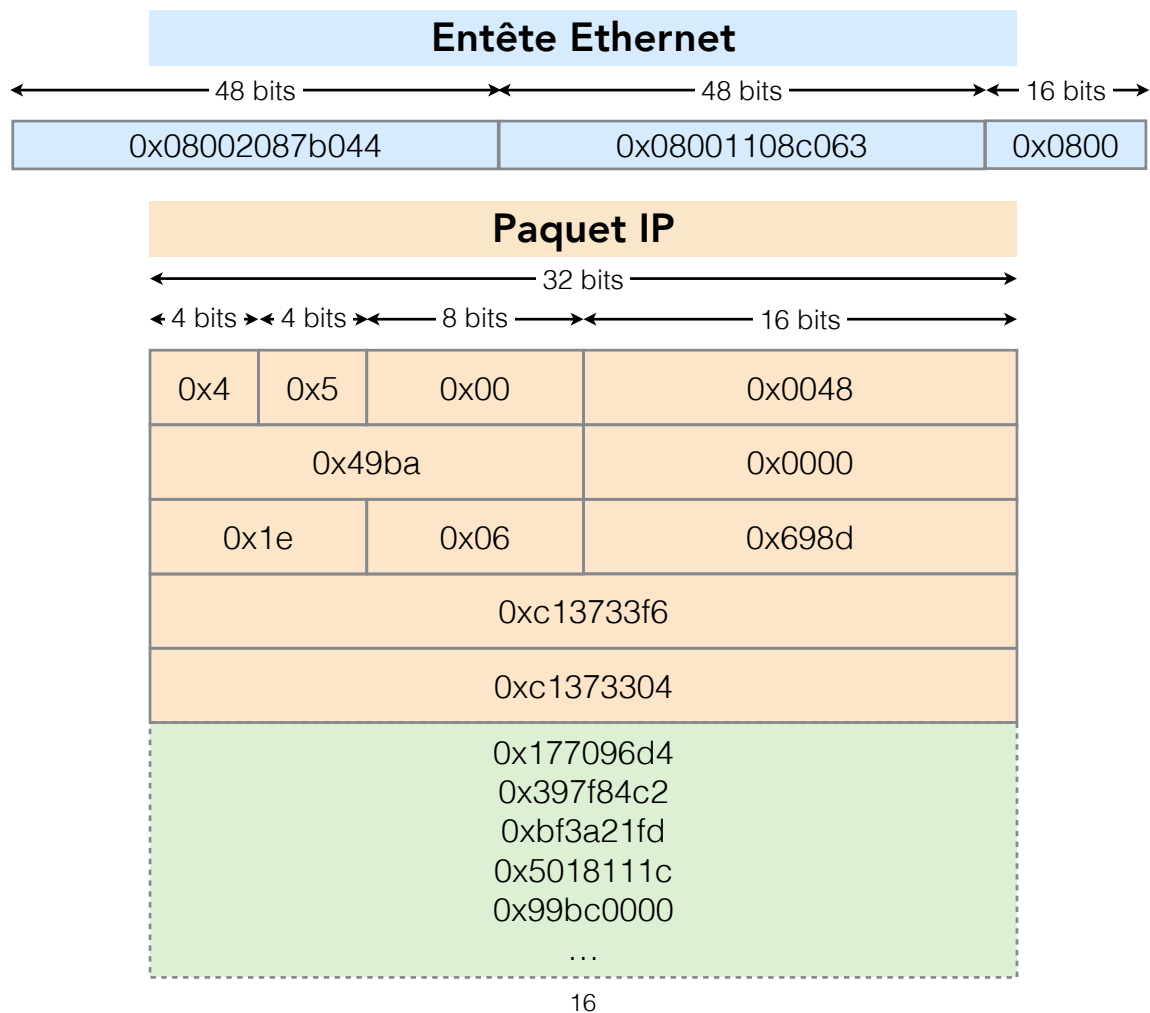
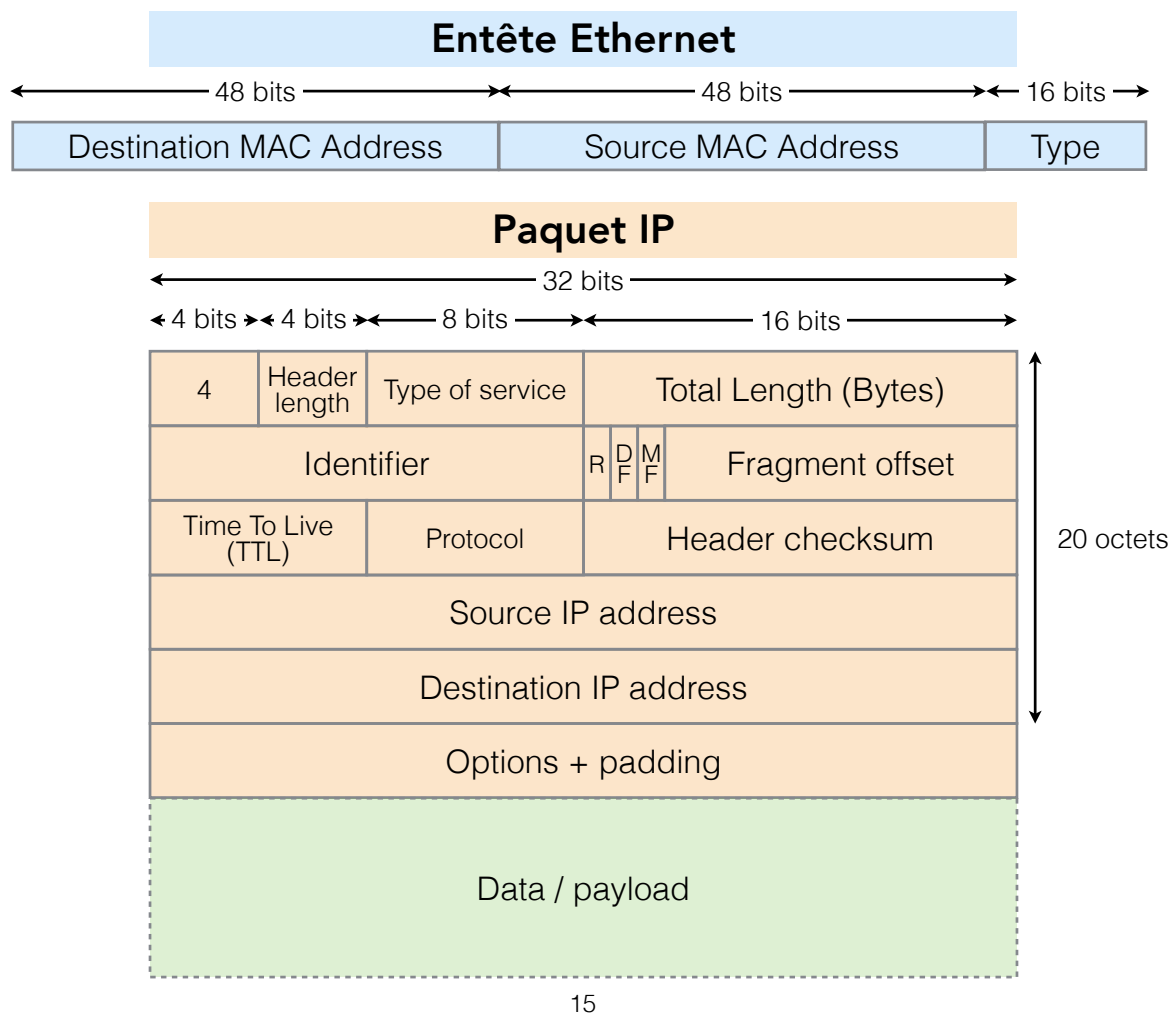


13

Exemple de trace (1)

	14 octets	IHL * 4 = 20 octets	Total length - (IHL * 4) = 52 octets	
	entête Ethernet	entête IP	données	
segment TCP				
numéro en hexa de l'octet en début de ligne				
0x00	08 00 20 87 b0 44 08 00 11 08 c0 63 08 00	45 00	octets 0 à 15	
0x10	00 48 49 ba 00 00 1e 06 69 8d c1 37 33 f6 c1 37	octets 16 à 31		
0x20	33 04 17 70 96 d4 39 7f 84 c2 bf 3a 21 fd 50 18	octets 32 à 47		
0x30	11 1c 99 bc 00 00 0e 00 31 3f 02 c0 00 11 00 00	octets 48 à 63		
0x40	3e c1 00 00 00 11 00 00 00 02 28 28 a7 b0 80 29	octets 64 à 79		
0x50	ea fc 81 58 90 70	octets 80 à 85		

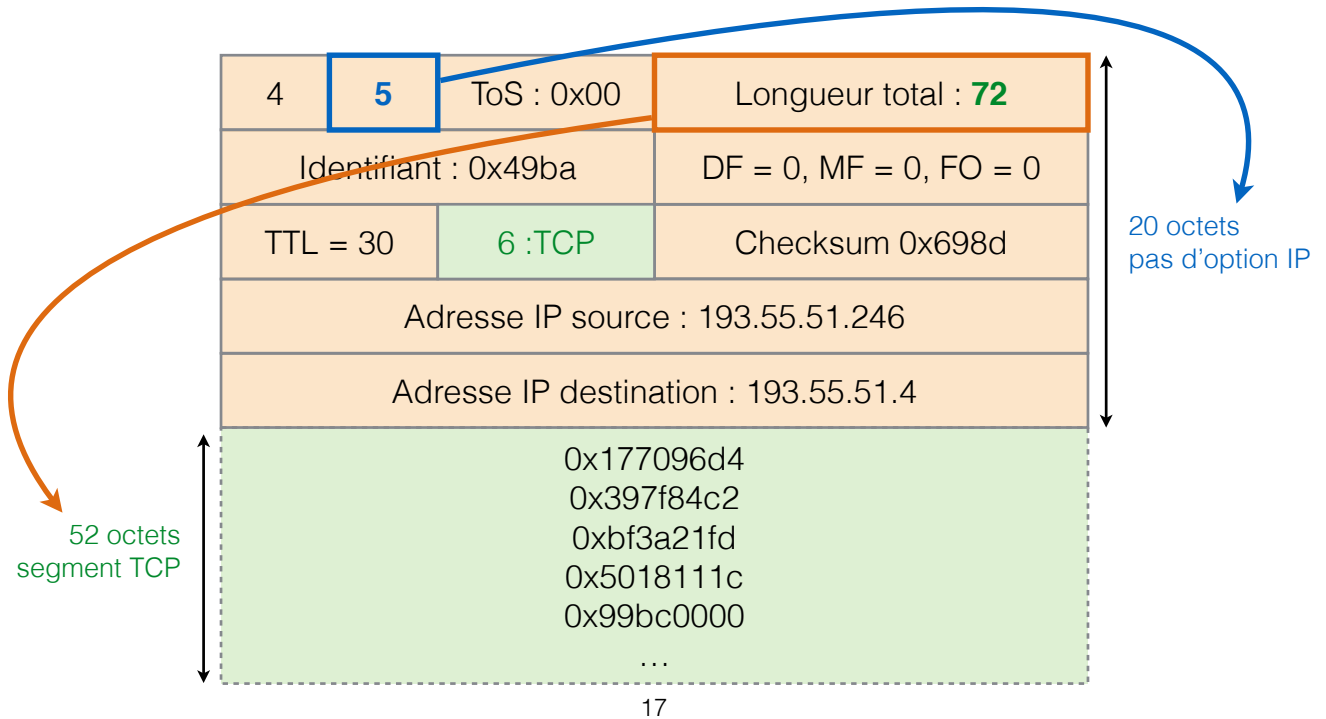
14



Entête Ethernet

08:00:20:87:b0:44	08:00:11:08:c063	0x0800
-------------------	------------------	--------

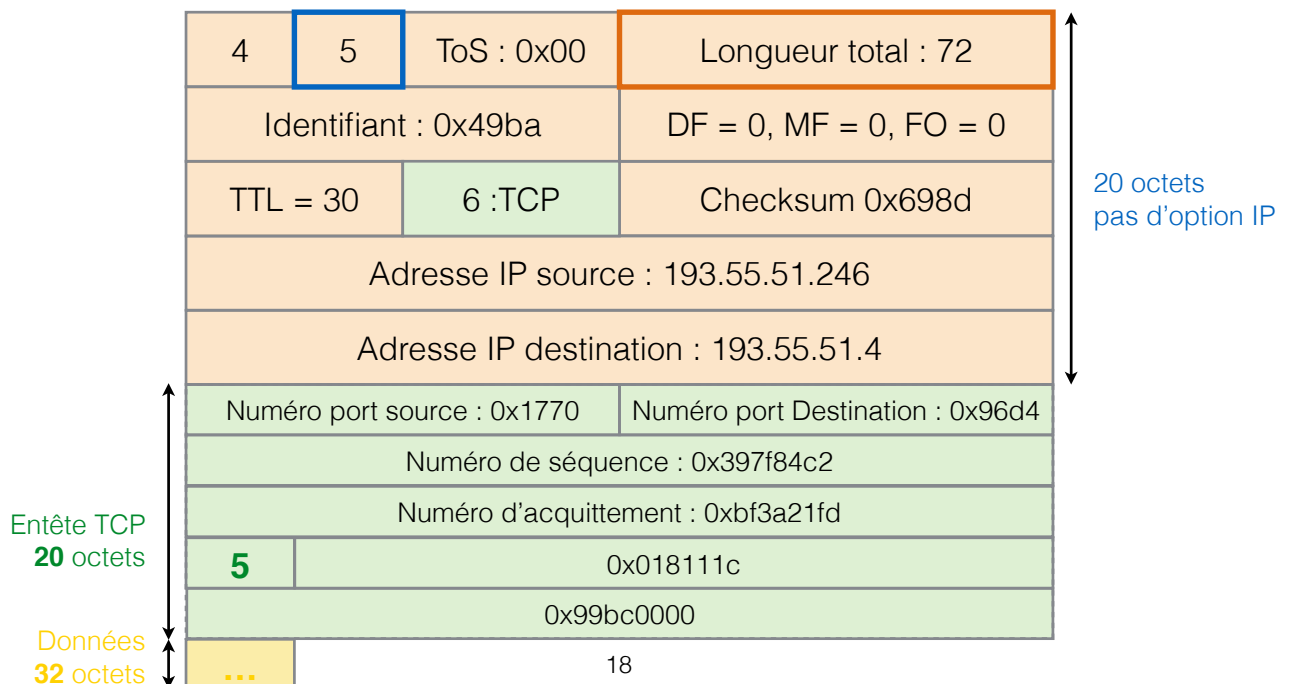
Paquet IP



Entête Ethernet

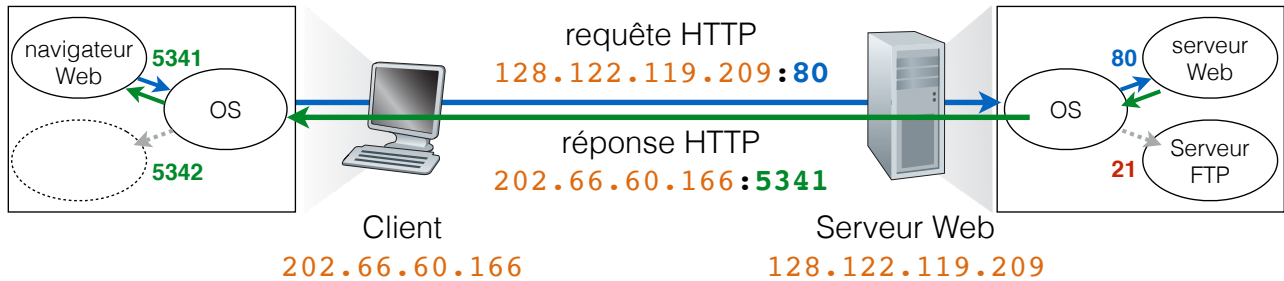
08:00:20:87:b0:44	08:00:11:08:c063	0x0800
-------------------	------------------	--------

Paquet IP

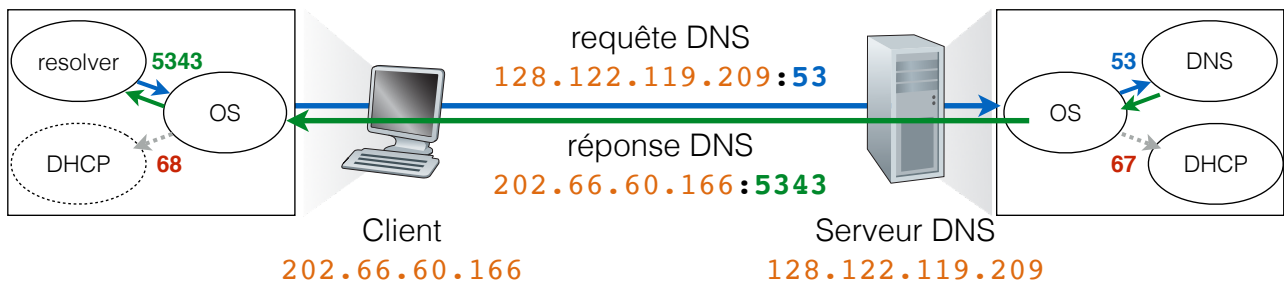


(Dé-)multiplexage: numéros de port

TCP

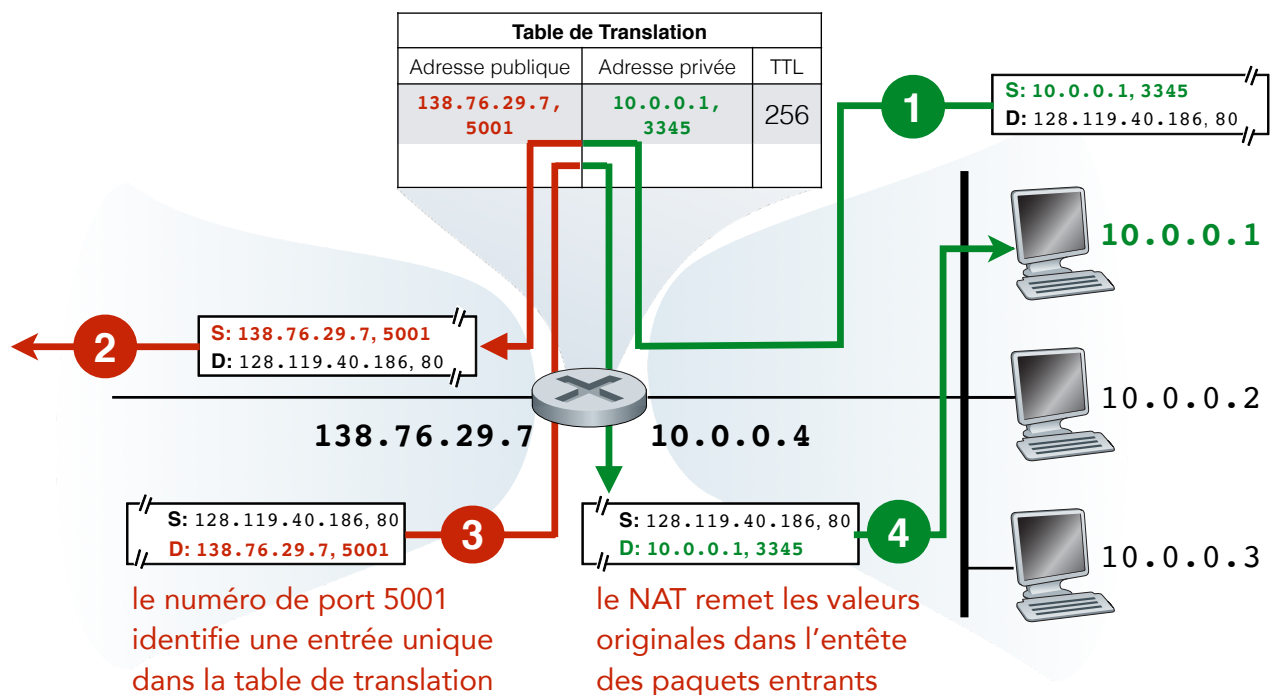


UDP



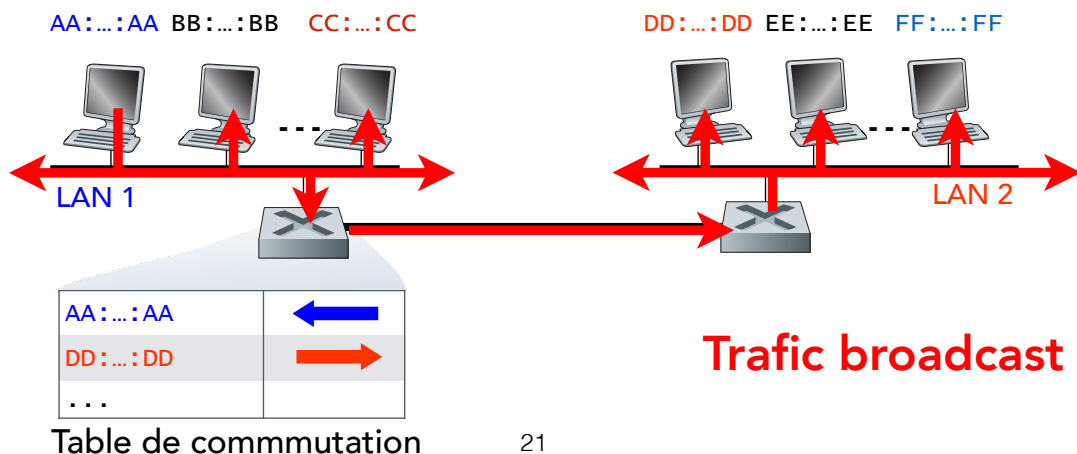
19

(Dé-)multiplexage: numéros de port



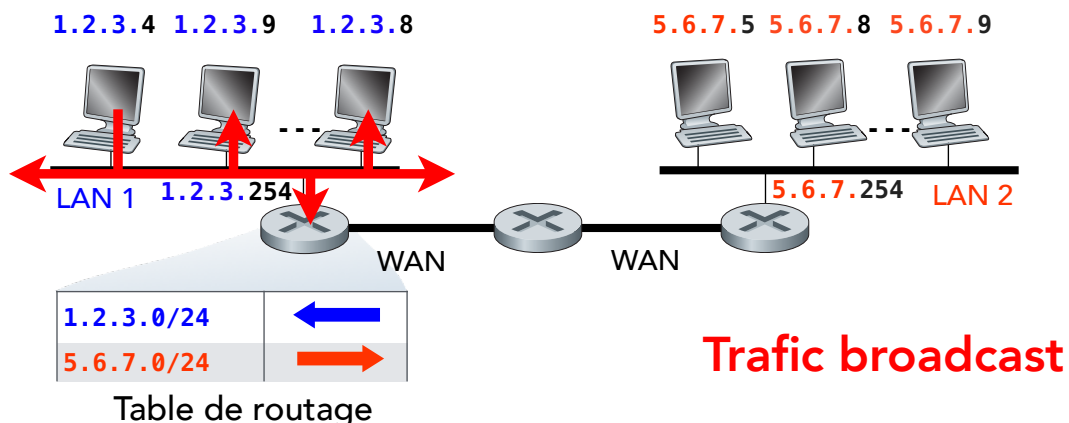
Adressage MAC **plat** (non hiérarchique)

- Attribution des adresses MAC indépendamment de leur réseau d'appartenance
- Tables de commutation : une entrée par machine hôte



Adressage IP **hiérarchique**

- Attribution des adresses réseau :
 - 1.2.3.0/24 pour le LAN1
 - 5.6.7.0/24 pour le LAN2
- Puis, numérotation des machines hôtes
- Tables de routage : une entrée par réseau



Longueur des préfixes

Adressage avec classes (A, B, C)

- Les adresses IP sont divisées en 3 classes : A, B, et C
- La classe d'une adresse IP est déterminée par ses premiers bits :
 - Classe A: 0*
 - Classe B: 10*
 - Classe C: 110*
- La longueur du préfixe d'une adresse IP est déterminée par sa classe :
 - Classe A : préfixe long de 8 bits
 - Classe B : préfixe long de 16 bits
 - Classe C : préfixe long de 24 bits

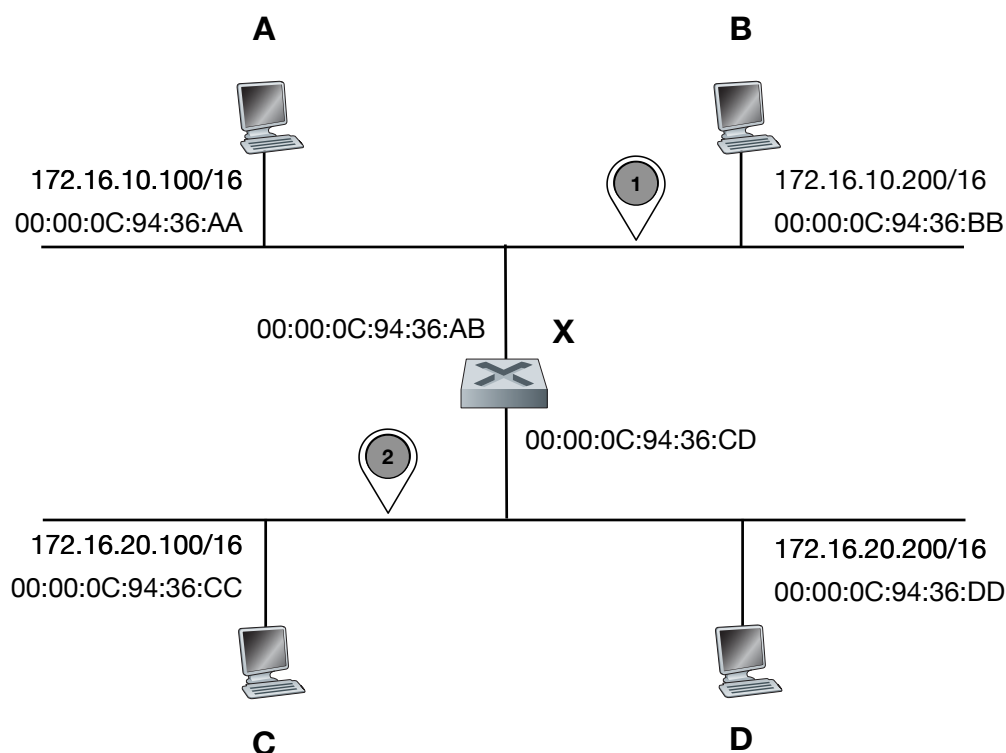
Adressage sans classe (CIDR)

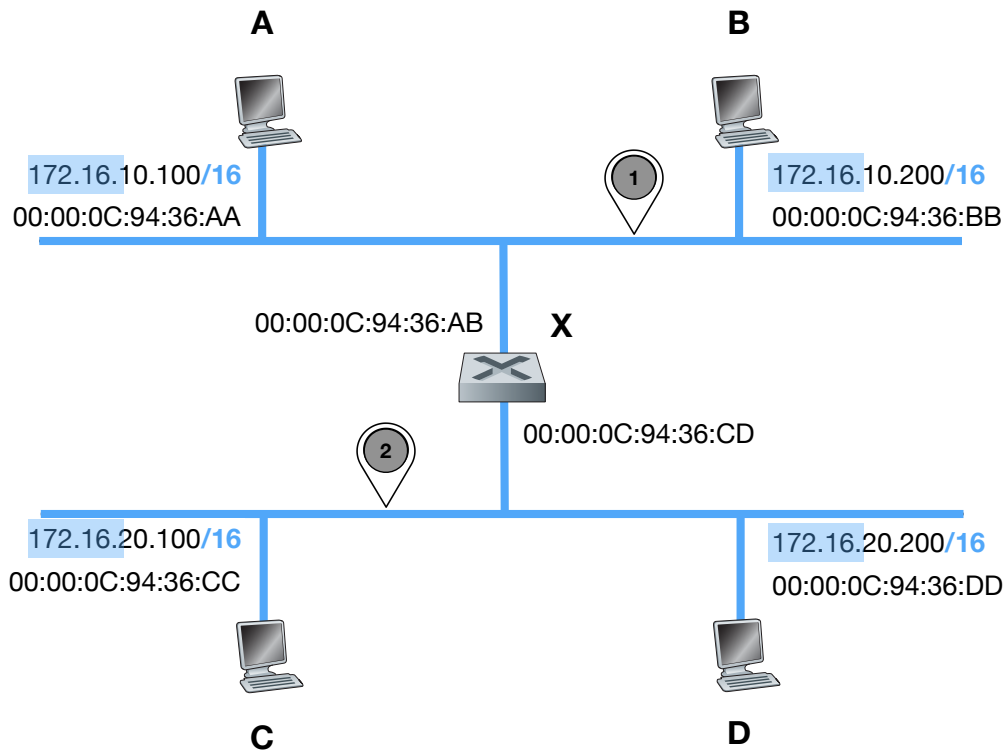
- La longueur du préfixe est déterminée par une 'adresse' supplémentaire appelée masque :
 - Les bits du préfixe sont positionnés à 1 dans le masque
- Exemple:
 - Le masque 255.255.248.0 indique que le préfixe est long de 21 bits
 - Ce masque est adapté à des réseaux hébergeant 2046 ($2^{32-21}-2$) machines

hostid réservés :

- tout à 0 : adresse réseau
- tout à 1 : adresse de diffusion

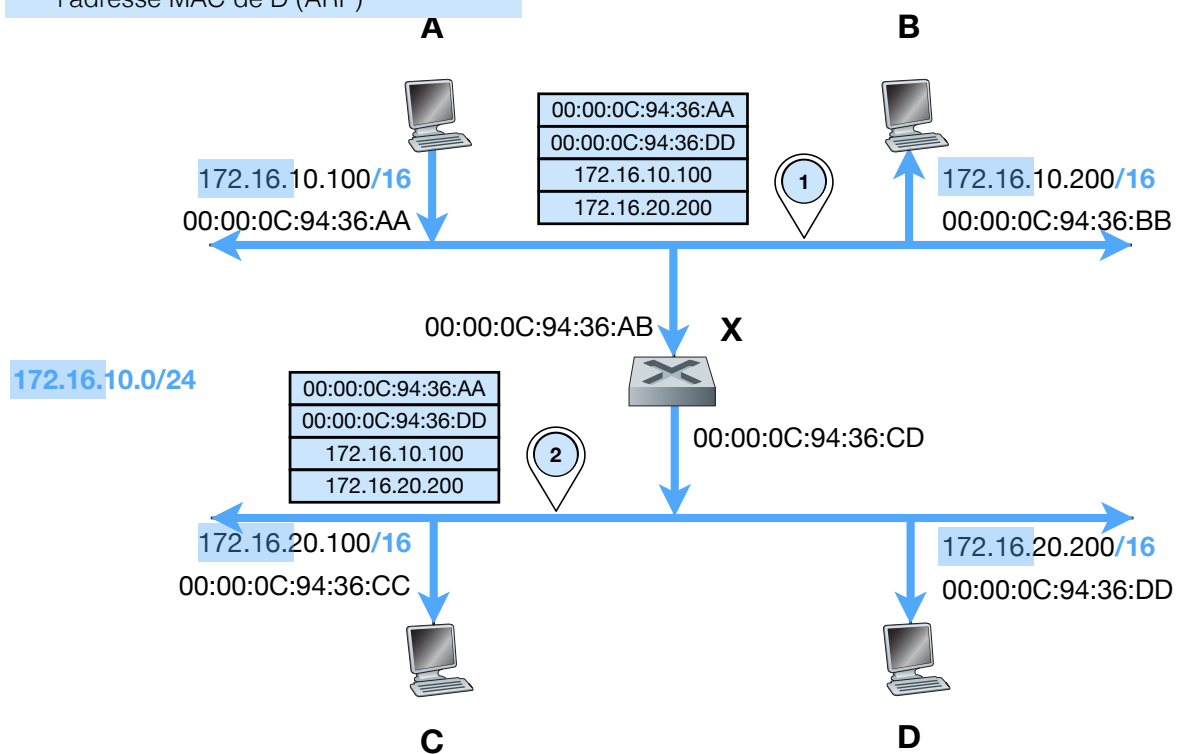
23

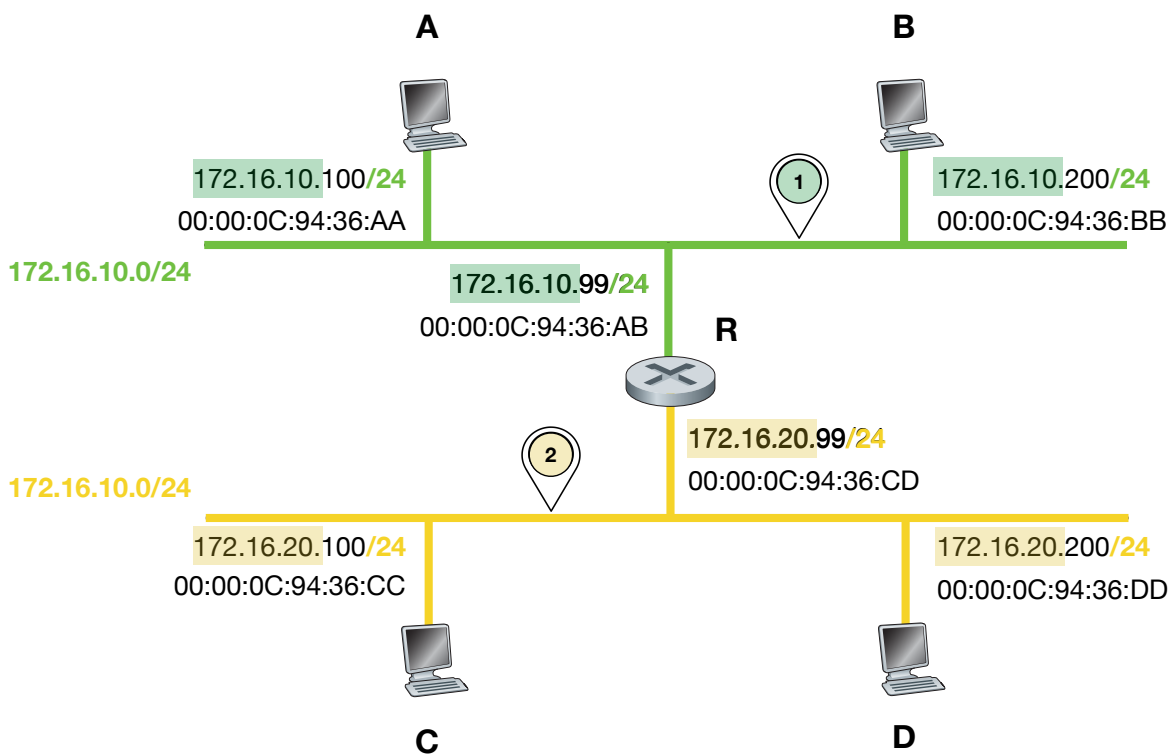
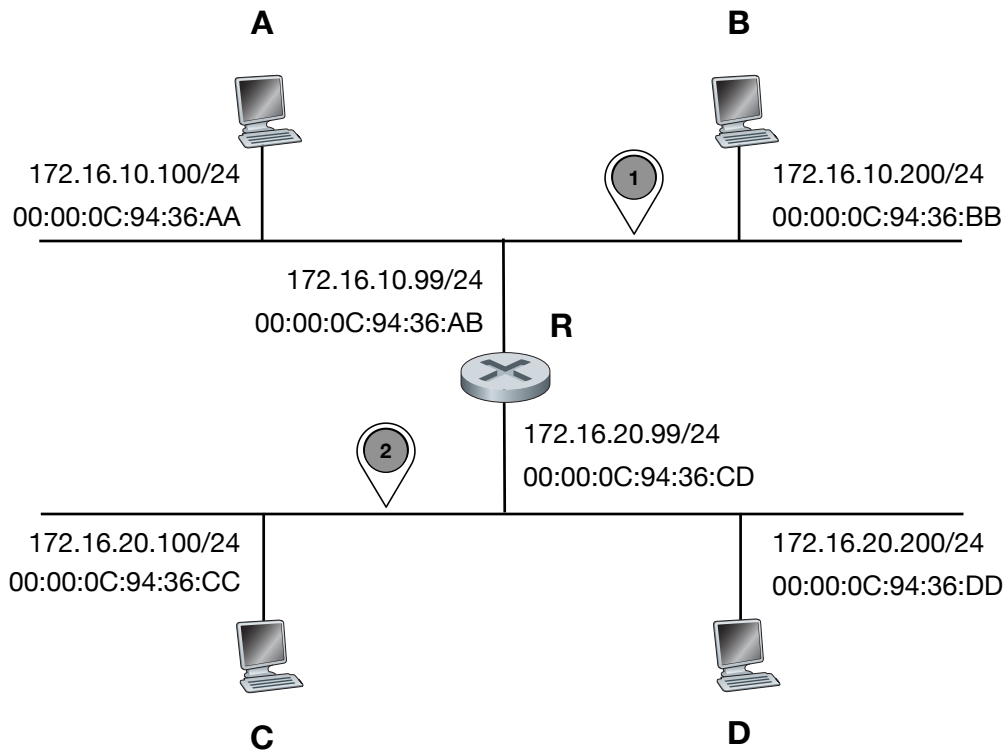




A connaît :

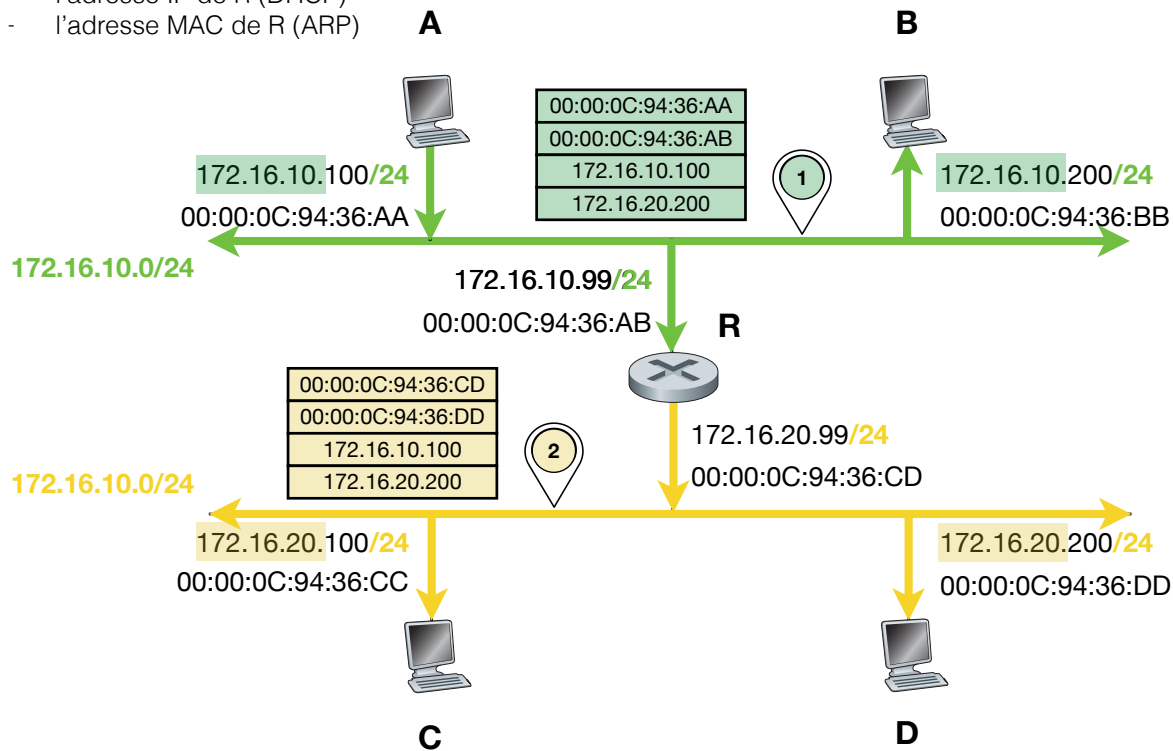
- son adresse IP (DHCP)
- le masque de son sous-réseau (DHCP)
- l'adresse MAC de D (ARP)



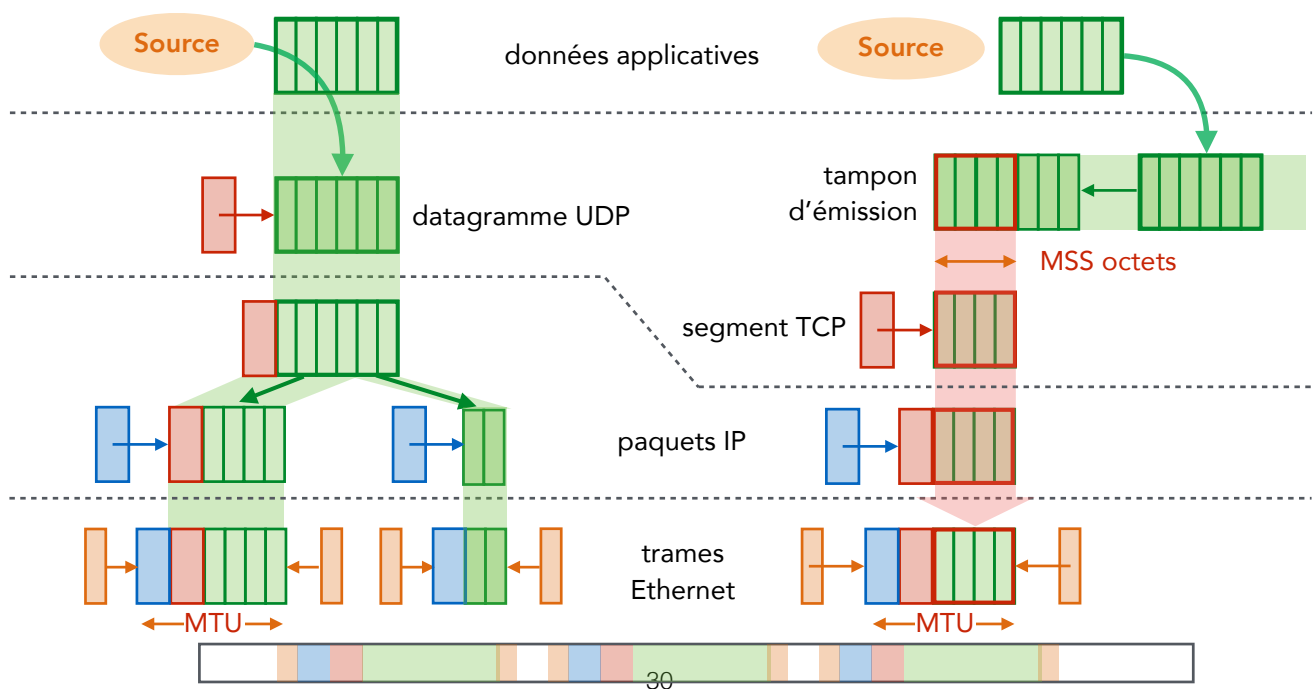


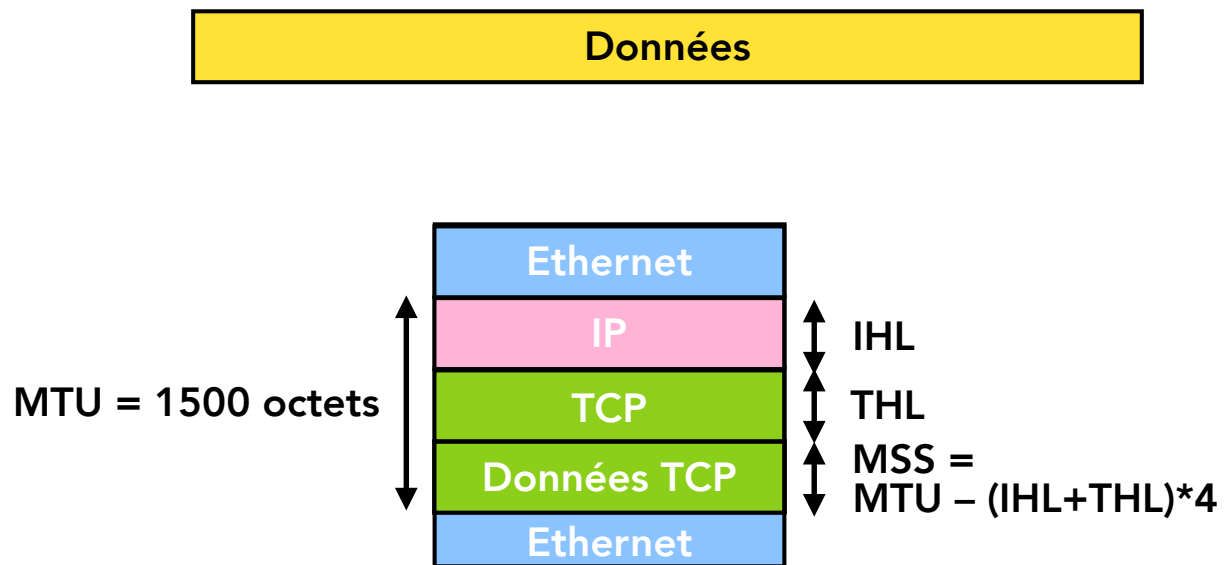
A connaît :

- son adresse IP (DHCP)
- le masque de son sous-réseau (DHCP)
- l'adresse IP de R (DHCP)
- l'adresse MAC de R (ARP)

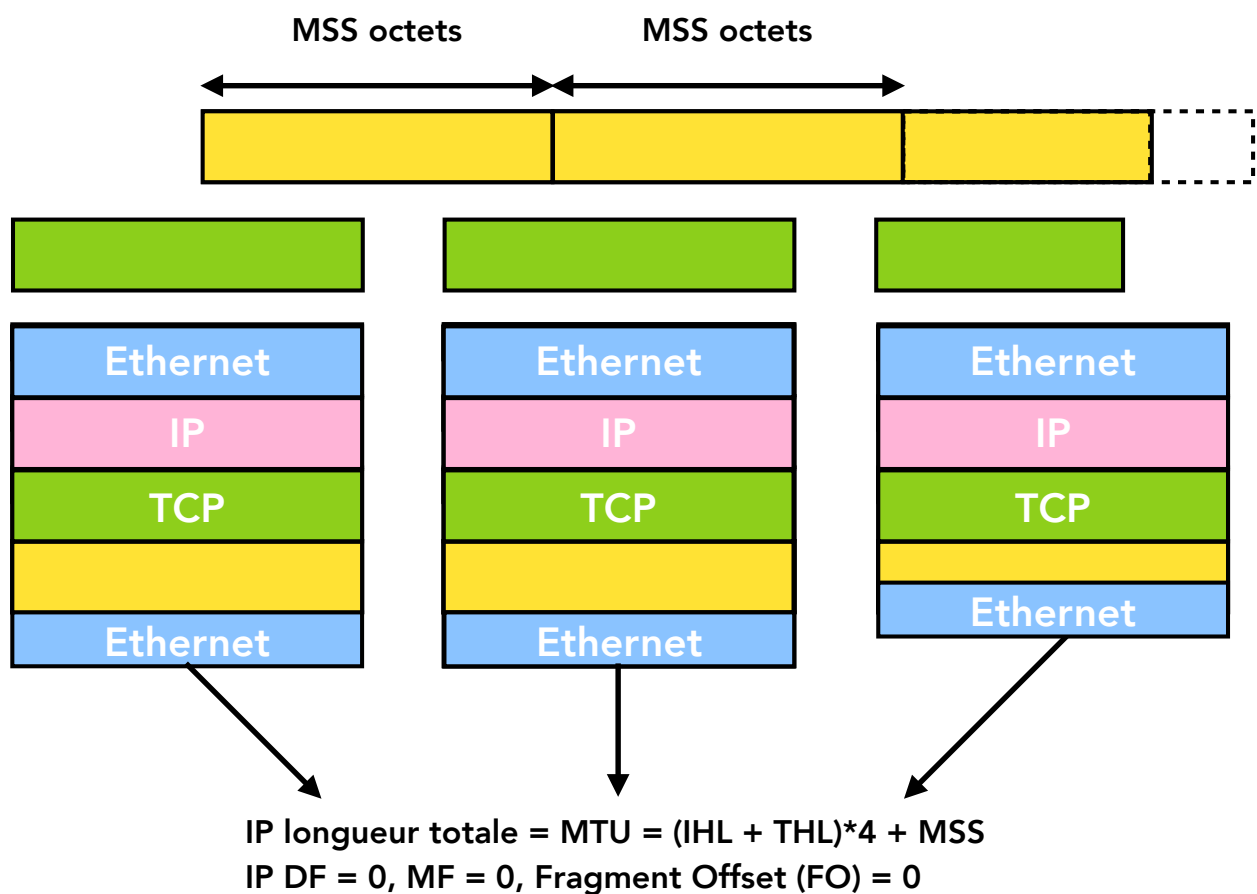


UDP (datagramme) vs TCP (flux d'octets)

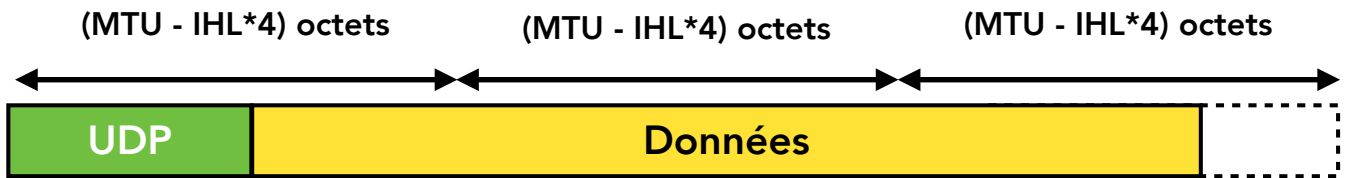




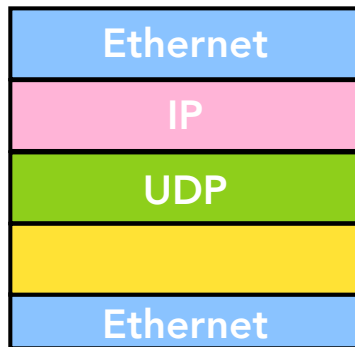
31



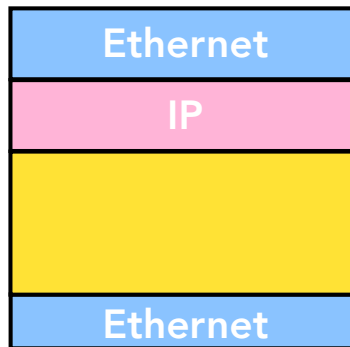
32



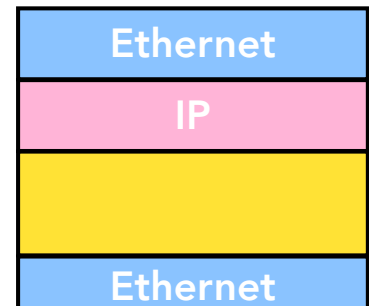
Fragmentation IP



DF = 0
MF = 1
FO = 0



DF = 0
MF = 1
FO = (MTU - IHL*4)//8



DF = 0
MF = 0
FO = 2*(MTU - IHL*4)//8

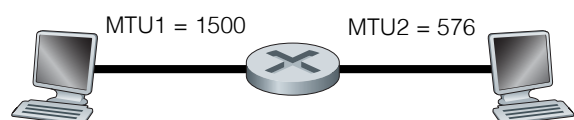
33

Fragmentation IP

- Flags : 3 bits (Réservé : 0, DF, MF)
 - DF : Don't Fragment (les paquets trop grands sont rejetés)
 - MF : More Fragment (positionné si dernier fragment)
- Fragment Offset :
 - taille en octets hors entête des fragments précédant le fragment courant divisée par 8

Exemple :

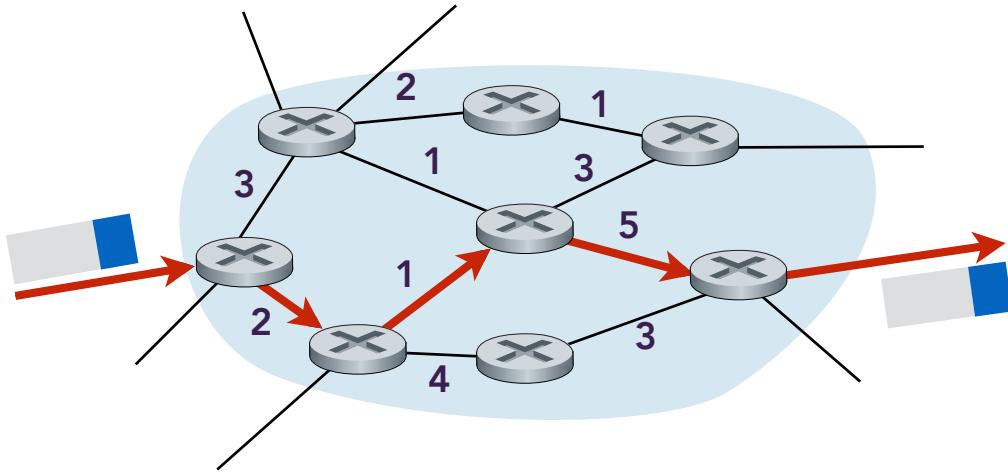
- Données : 1292 octets
- Datagramme UDP : 1300 octets
- Entêtes des fragments sur le réseau 2 :
 - 576 - 20 = 556, valeur multiple de 8 la plus proche : 552 = 69 * 8
 - F1 : offset 0 MF = 1 (taille des données : 552 octets)
 - F2 : offset 69 = 552/8 MF = 1 (taille des données : 552 octets)
 - F3 : offset 69*2 MF = 0 (taille des données : 196 octets)



34

Acheminement des paquets

Mode datagramme (non connecté)



Les paquets de données sont commutés (forwardés) de proche en proche vers leur destination finale

35

Routage vs Acheminement

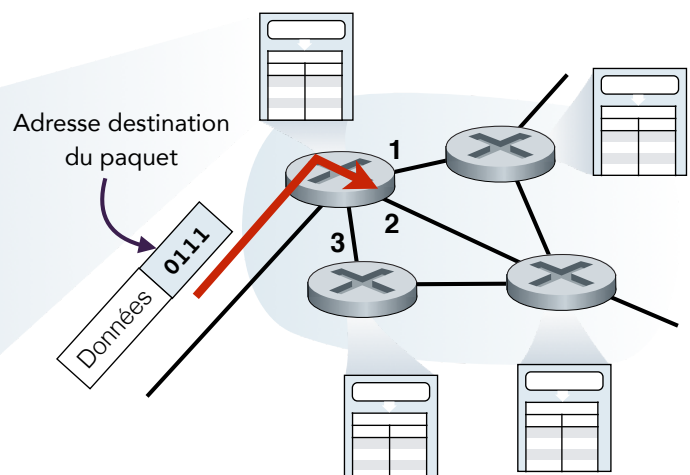
Routage

- Création et maintien des table de routage
 - Calcul et mise à jour des routes
- Algorithmes de routage
 - Dijkstra, Bellman-Ford
- Protocoles de routage
 - OSPF, IS-IS, RIP, BGP,...

Algorithme de routage	
Table de routage	
Adresse	Interface
0100	3
0101	2
0111	2
1001	1

Acheminement

- Commutation proche en proche des paquets
 - Choix de l'interface de sortie sur laquelle aiguiller les paquets

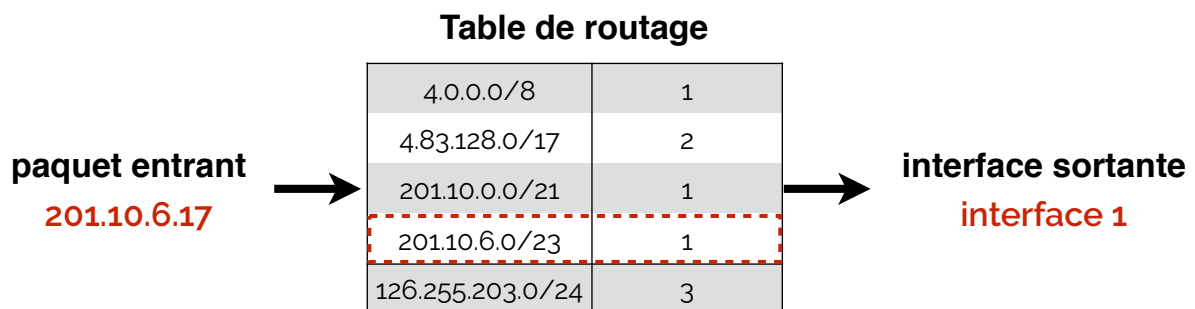


36

Acheminement des paquets

Longest prefix match LPM

- Les routeurs choisissent l'entrée dont l'adresse destination partage le plus grand nombre de bits avec l'adresse destination du paquet
- Pire cas : parcours complet de la table de routage pour identifier cette entrée



37

Comparaison des protocoles de routage

Etat de liens

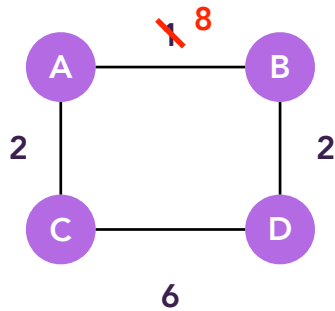
- Les informations de topologie sont inondées dans tout le réseau
- Les routeurs calculent les chemins complets les plus courts vers toutes les destinations du réseau
- Les sauts suivants sont déterminés en calculant les chemins complets
- Différentes politiques de routage selon le choix des coûts des liens
- Exemples : OSPF, IS-IS

Vecteur de distance

- Un routeur ne connaît que la distance des chemins annoncés par ses voisins
- Les routeurs sélectionnent le voisin qui annonce le chemin le plus court pour une destination donnée
- Aucun routeur ne connaît les chemins complets
- Le chemin résulte de la séquence des sauts suivants sélectionnés par chaque routeur
- Une seule politique de routage : nombre de sauts des chemins
- Exemples : RIP, BGP

38

RIP

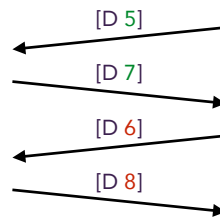


Chemin le plus court pour joindre D		
Routeur	Saut suivant	Coût
A	B	3 10
B	D	2
C	A	5

Saut suivant	Coût
B	10
C	7

Saut suivant	Coût
B	10
C	8

A



C

Saut suivant	Coût
A	5
D	6

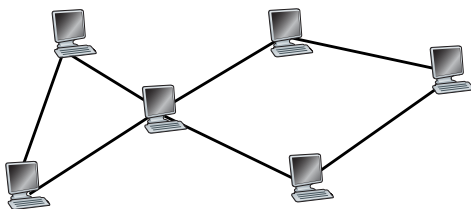
Saut suivant	Coût
A	9
D	6

Saut suivant	Coût
A	10
D	6

39

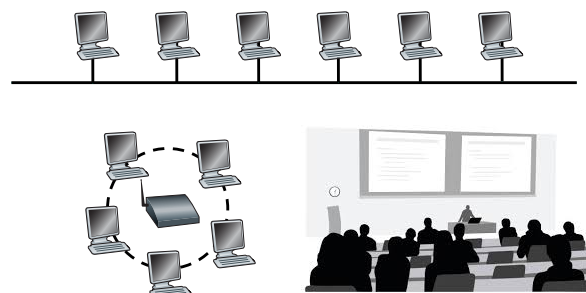
Types de réseaux

Réseaux point à point



- Chaque lien connecte :
 - deux stations
 - ces stations peuvent être des routeurs
 - elles exécutent un protocole liaison de données en mode point à point :
 - HDLC (mode ABM), PPP
- Topologie adaptée aux réseaux longue distance

Réseaux à diffusion naturelle



- Plusieurs stations partagent un même support de transmission
 - une trame est reçue par toutes les stations connectées au support
- Nécessitent des méthodes de contrôle d'accès au support
- Topologie adaptée aux réseaux locaux
 - Exemple : Ethernet, WiFi

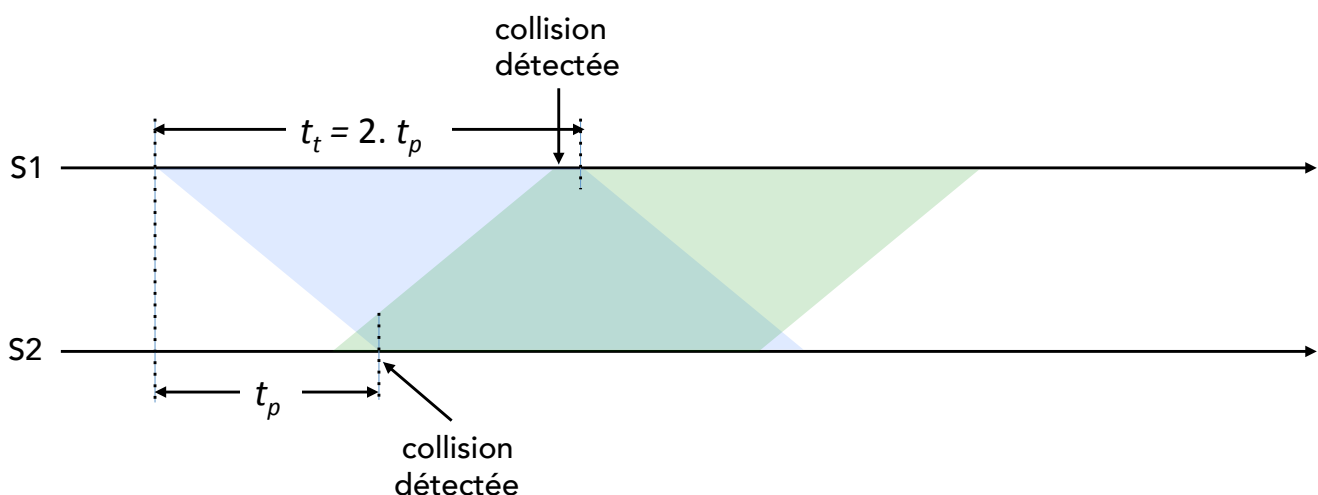
40

CSMA/CD

- Transmission d'une trame pour la première fois :
 - le support est occupée
 - attendre qu'il le devienne
 - le support est libre
 - commencer à transmettre en continuant à écouter le support
 - si collision détectée : procédure de résolution de collision (2)
 - pas de collision : remettre à 0 le compteur de retransmissions et terminer la transmission
- Résolution de collision :
 - transmission d'un signal de brouillage (jam signal)
 - incrémenter le compteur de retransmission
 - si le nombre maximal de retransmission est atteint
 - abandon de la transmission
 - sinon
 - calculer la durée du retrait aléatoire en fonction du nombre de collisions
 - attendre pour cette durée avant d'aller à la procédure de transmission (1)

41

Détection des collisions



- Une collision est détectée en comparant le signal émis et le signal reçu
- Une station doit transmettre pendant une durée min
- Les trames ont une taille min
 - 1518 octets pour Ethernet (hors préambule)

42

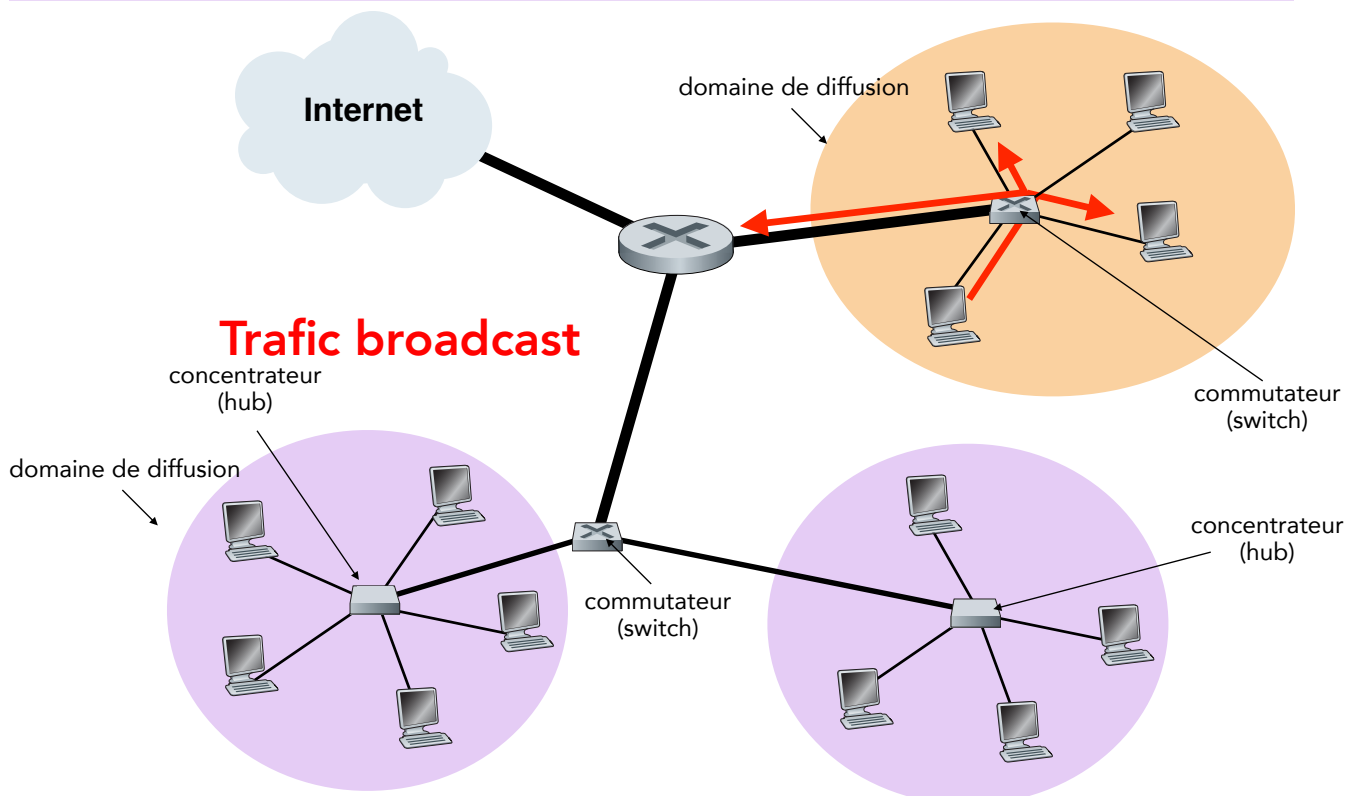
Méthodes d'accès et partage de la bande passante

- Evitement des collisions
 - transmettre uniquement si le canal est libre
- Détection des collisions
 - transmettre des trames de taille min tout en écouter le canal
- Réparation des collisions non coordonnée
 - attendre une durée tirée aléatoire avant de retransmettre
- Ajustement du débit selon la charge du réseau
 - attendre plus longtemps en cas de collisions répétées
- Partage équitable
 - silence obligatoire après une transmission en succès

43

Concentrateur vs commutateur vs routeur

Domaine de collision



44

Etats durs et mode connecté

- Les protocoles en mode connecté installent des états durs
 - installés suite à la reception d'un message
 - mis à jour tout au long des échanges qu'ils caractérisent
- Etats durs : supprimés de manière explicite
 - réception d'un message spécial
 - prévenir les pertes de ces messages
- TCP, ...
 - numéros de séquence, temporisateurs, fenêtres

45

Etats mous et mobiles

- Etats mous : supprimés de manière implicite
 - rafraîchis régulièrement de manière explicite
 - supprimés à l'expiration d'un temporisateur
 - Exemples dans Internet :
 - bail DHCP
 - Table de translation des NAT
 - table ARP
- Etats mobiles : transportés un message
 - option Timestamp de l'entête TCP
 - données des messages ICMP

46

Conclusion

- Notions abordées :
 - Récurrentes en informatique :
 - Hiérarchisation (IP, DNS), indirection (nommage et DNS), caching (HTTP, DNS, ARP), randomisation (Ethernet, TCP), pipelining (HTTP), fenêtre glissante (HDLC, TCP), ...
 - Spécifiques aux réseaux :
 - Conception de bout en bout, structuration en couches, multiplexage, états mous, ...
- Conception d'un système distribué connecté très large échelle
 - Spécification et placement des fonctions nécessaires
 - contrôle d'erreur, réparation des pertes, partage de la bande passante, ...
 - Types de noeuds, informations échangées et états installés
 - machines hôtes, proxies, routeurs, commutateurs, ...
 - Performances, efficacité, passage à l'échelle, manageabilité, sécurité, ...