

# Réseaux

Nicolas LLASER



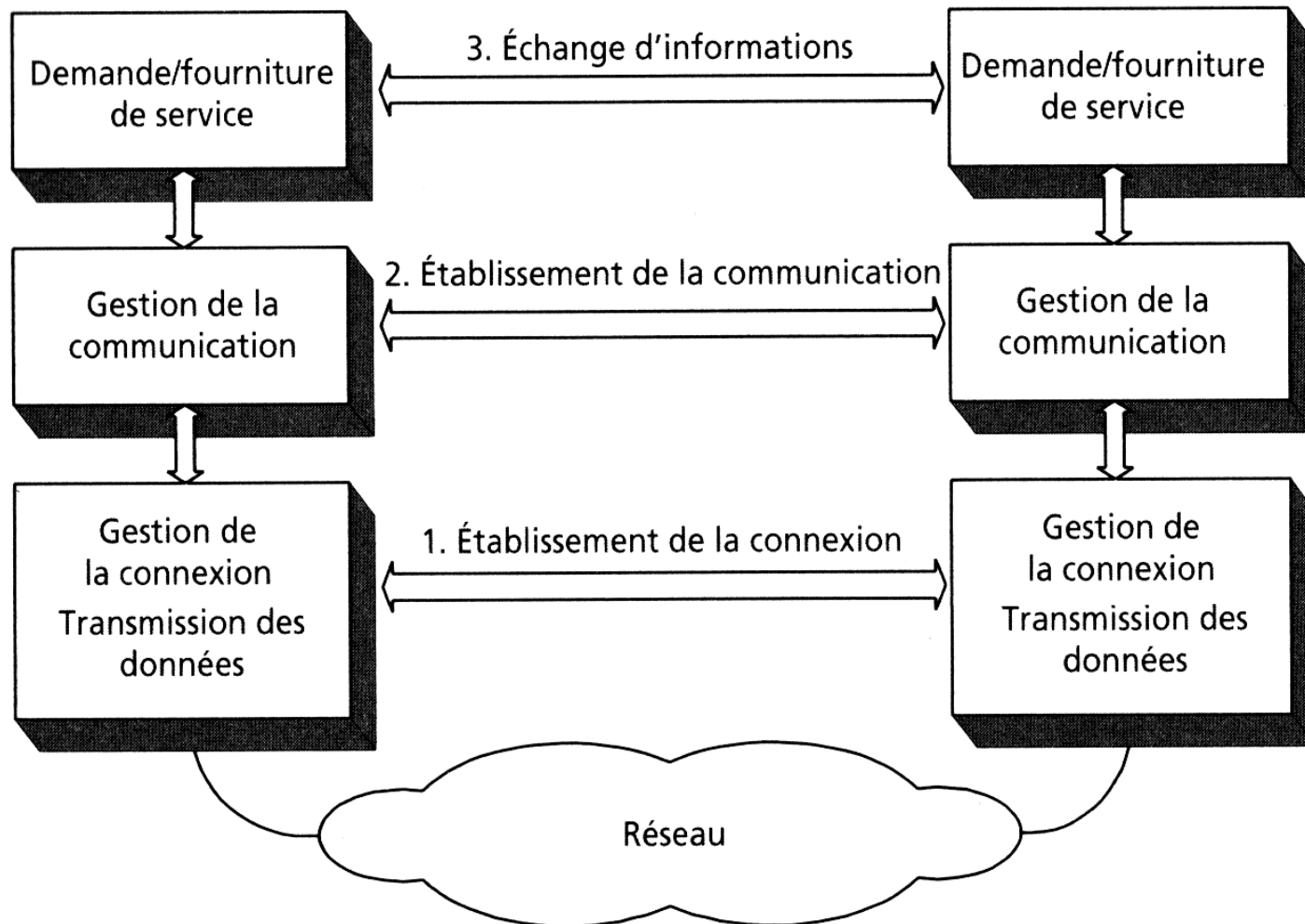
# Systemes de communication

- Besoin de communication
  - Transmission de messages
  - Partage de ressources
  - Transfert de fichiers
  - Consultation de bases de données
  - Gestion de transactions
  - Lecture de vidéos
  - ...

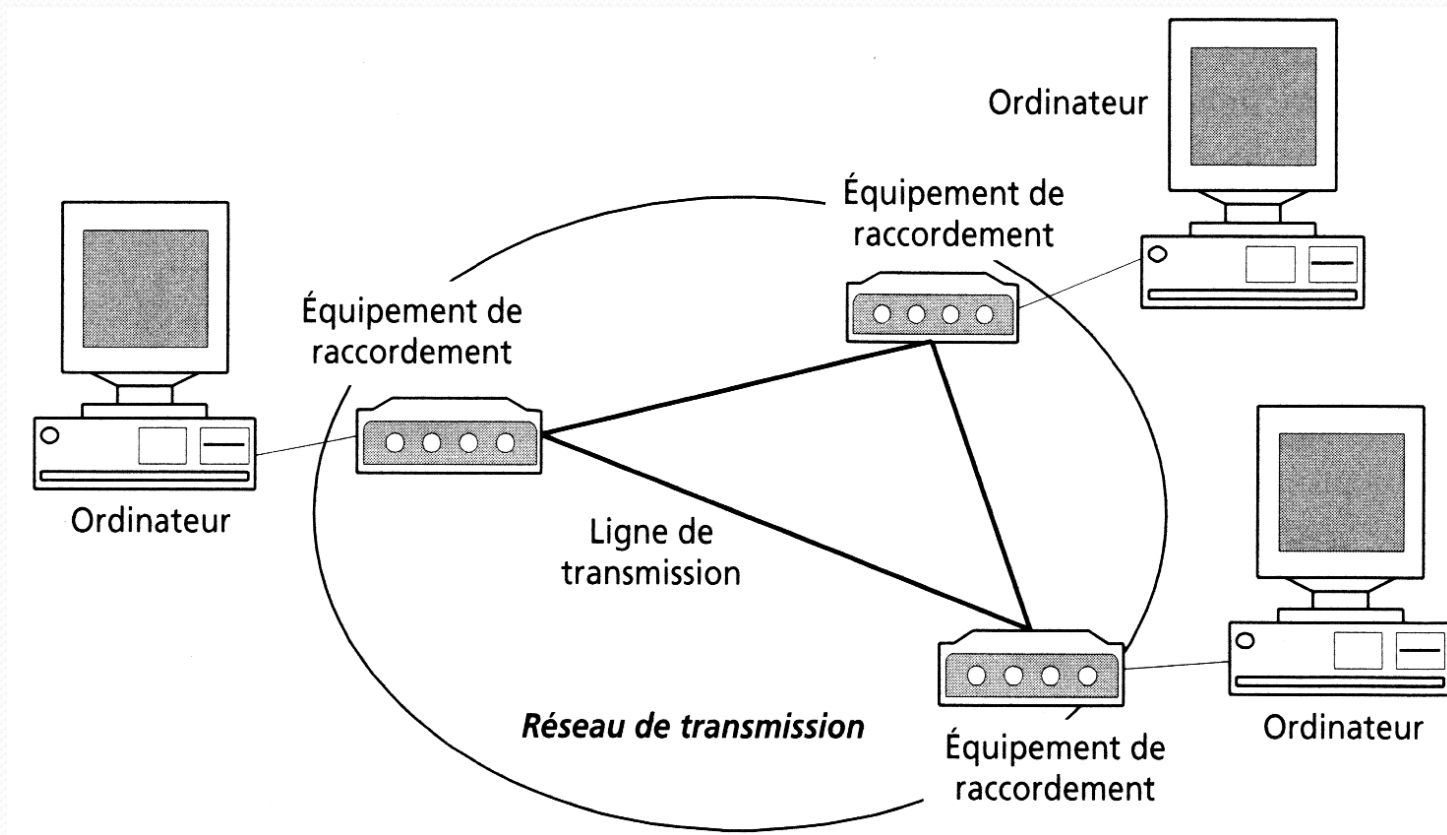
# Architecture des systèmes de communication

- Nécessité de trois blocs fonctionnels
  - Applications qui veulent échanger des données
  - Fonctions destinées à établir et gérer la communication
  - Fonctions assurant la transmission des données

# Architecture des systèmes de communication

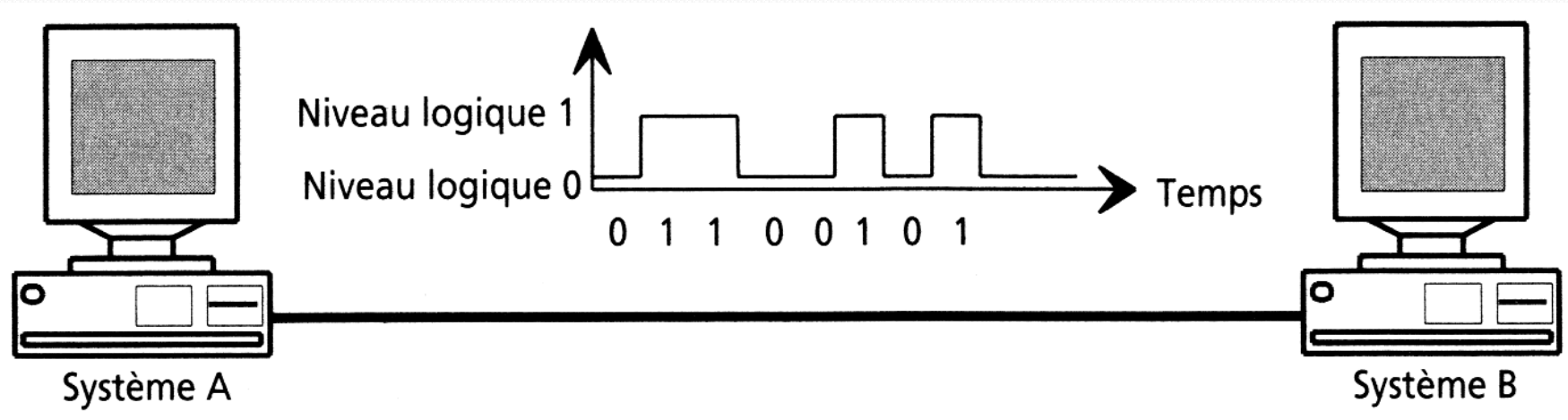


# Réseau de transmission



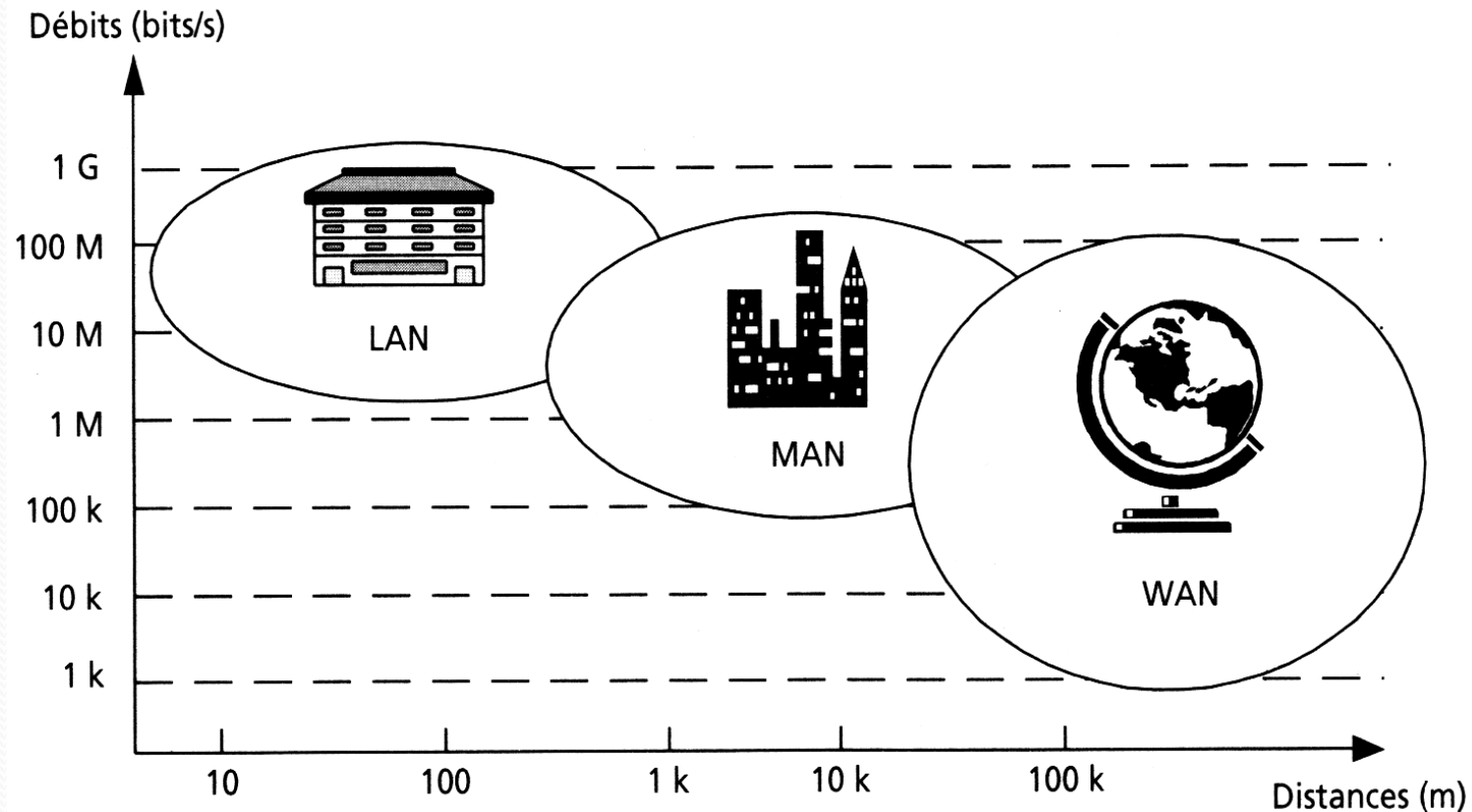
- Ensemble des ressources liées à la transmission

# Codage et transmission série



- Informations de nature numérique
- Transmission série
- Modulation des informations
  - Adaptation à la ligne de transmission

# Types de réseaux informatiques

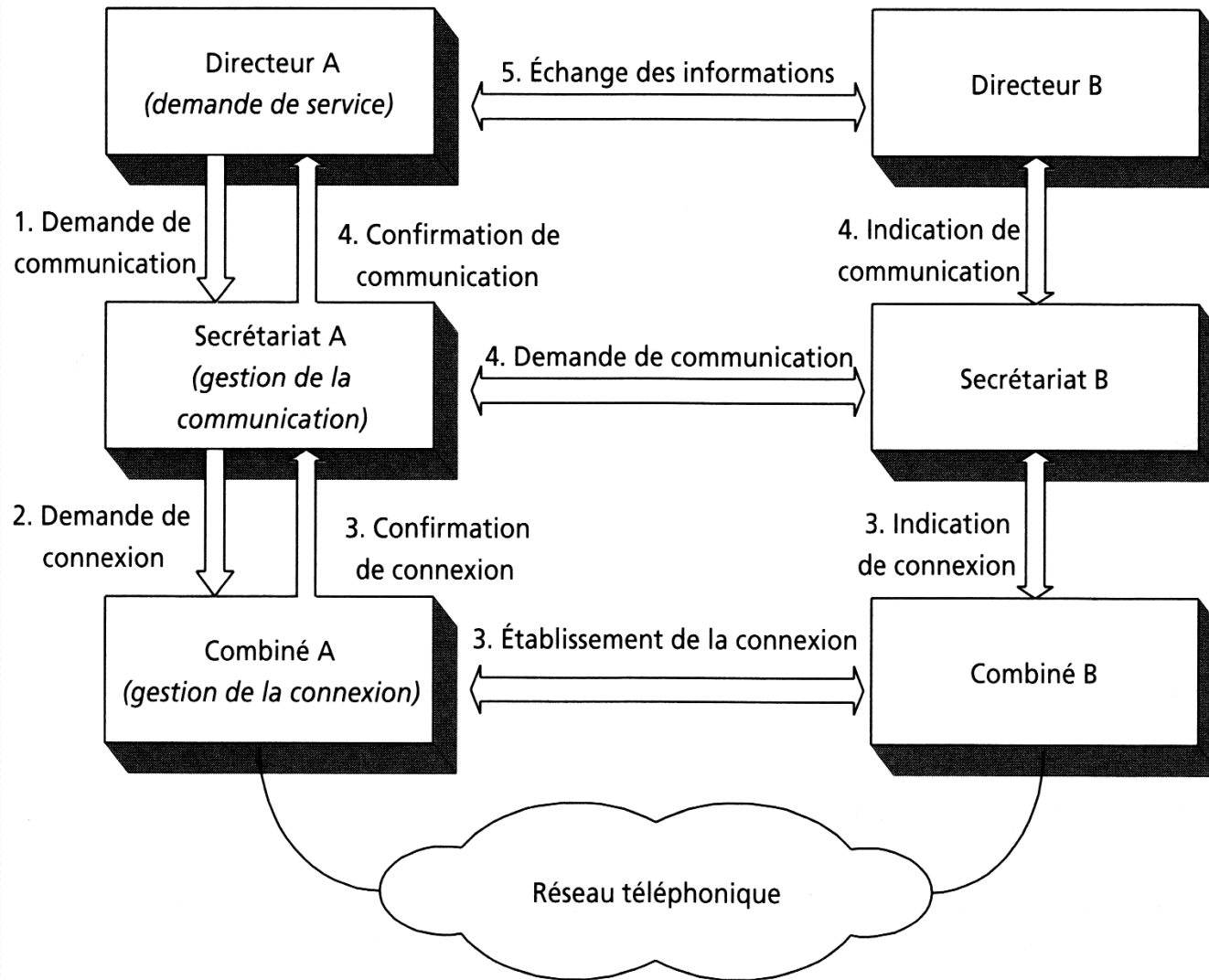


- Local Area Network / Metropolitan A.N. / Wide A.N.

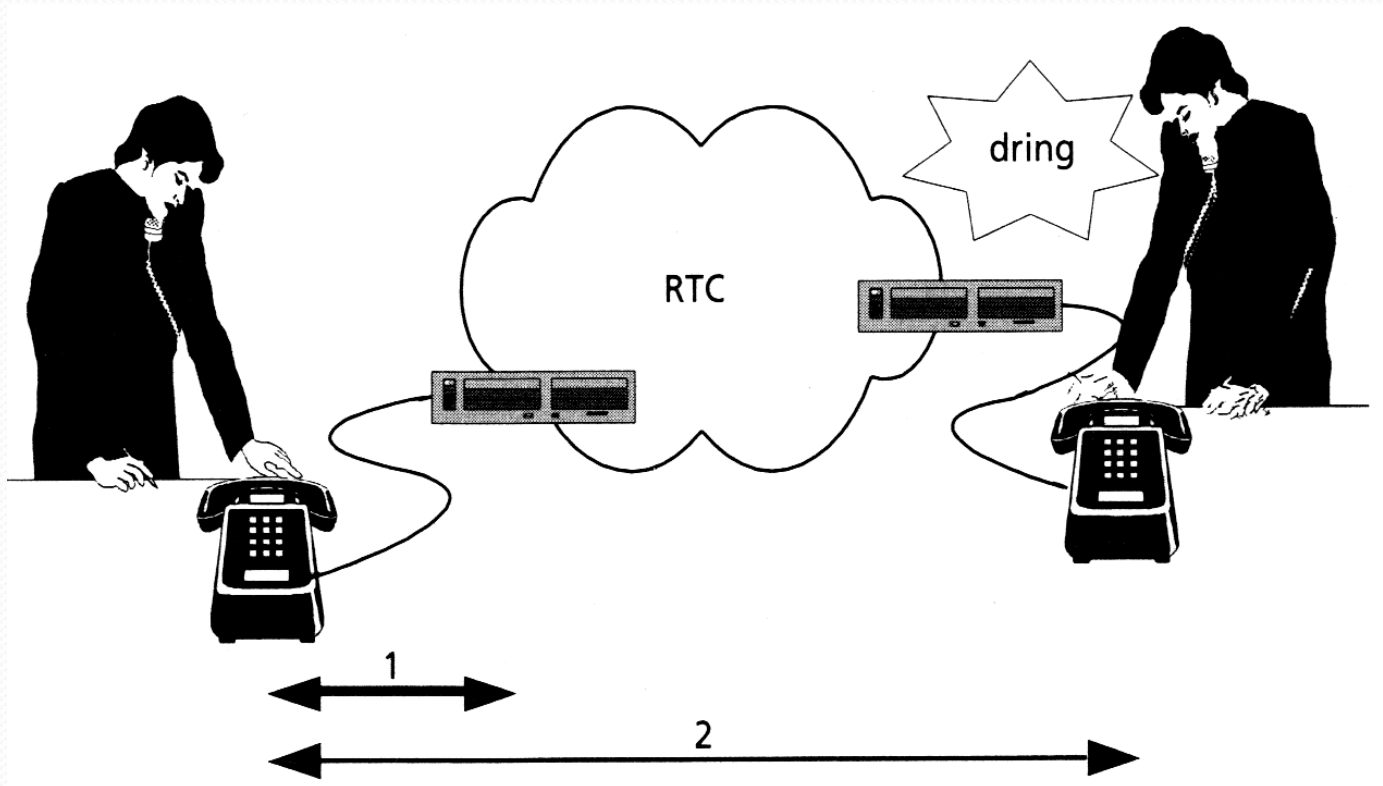
# Protocole

- Ensemble des procédures et d'informations échangées pour établir et gérer une communication
- Les formats des informations appartient au protocole
  
- Exemple de communication entre deux directeurs
  - En utilisant leur secrétariat

# Protocole



# Gestion d'une connexion

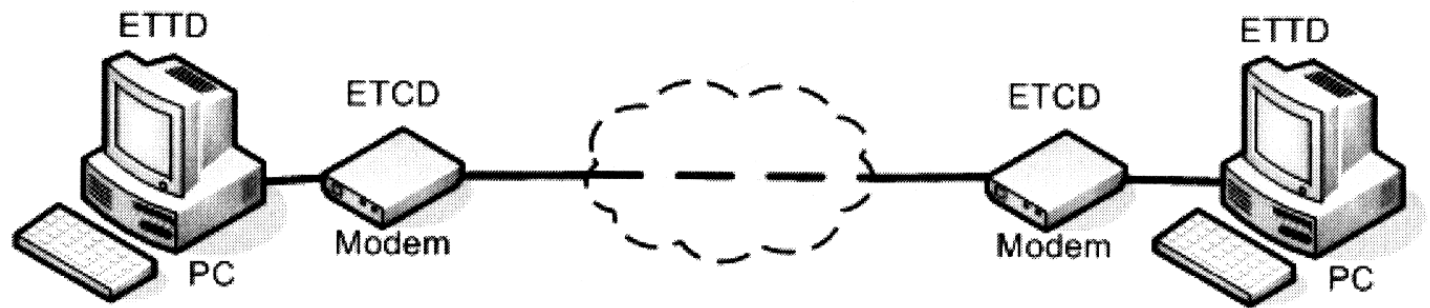


- Etablissement d'une connexion entre deux équipements
  - Suite d'opérations séquentielles

# Architecture des réseaux

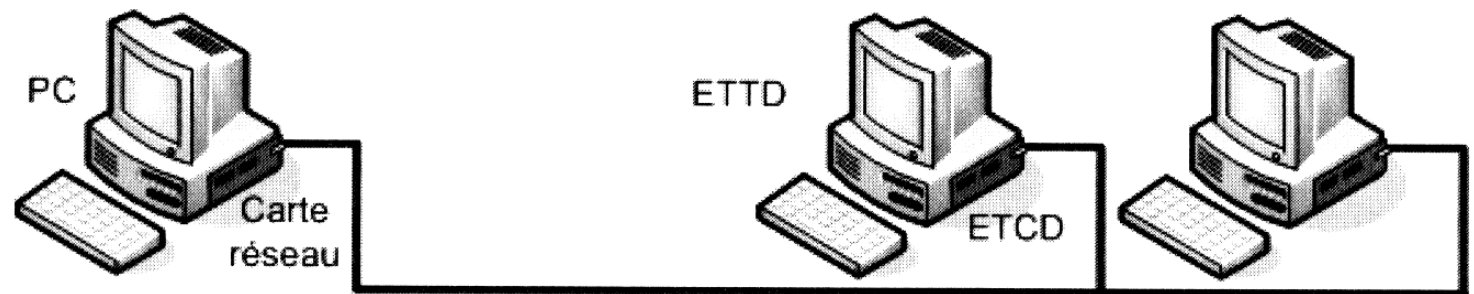
- Liaisons point à point

- RS232



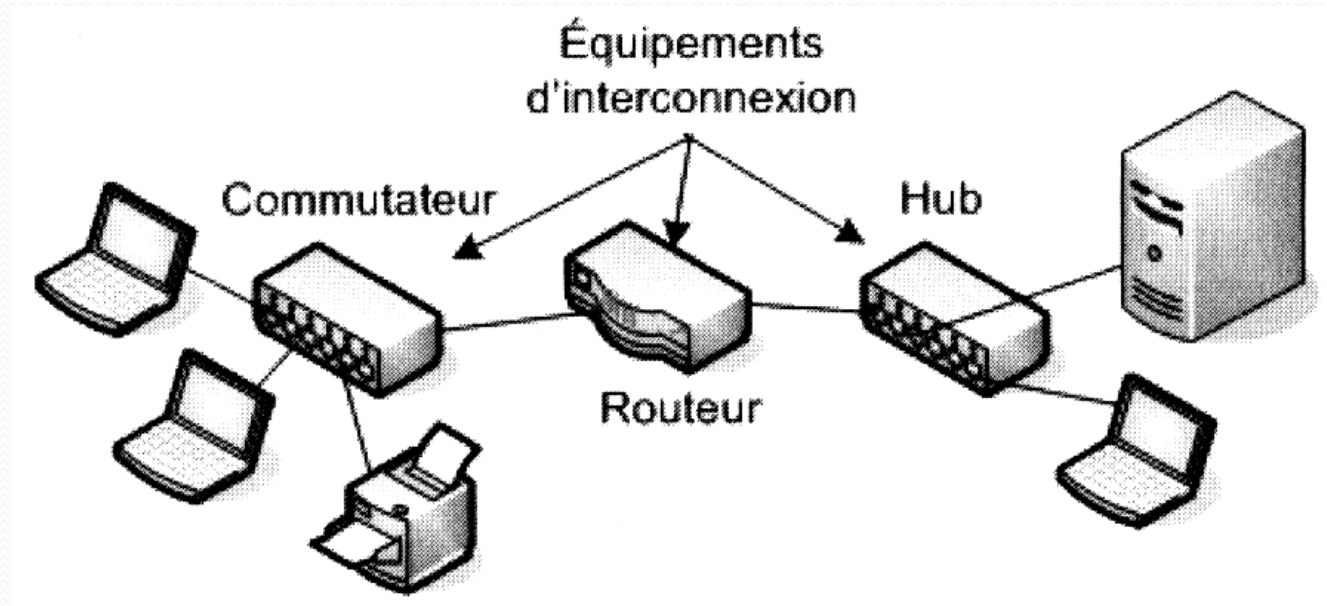
- Liaisons multipoints

- Bus



# Éléments d'un réseau

- Équipements
  - Terminaux
  - D'interconnexions
  - Contrôleurs de communication



# Equipements terminaux

- Ordinateurs, serveurs, terminaux bancaires, etc.



# Equipements d'interconnexion

- Multiplexeurs
  - Partage statique d'une ligne de communication (fixe et permanent, temporel ou fréquentiel)
- Concentrateurs
  - Partage dynamique d'une ligne de communication (en fonction des besoins, temporel ou fréquentiel)
- Commutateurs
  - Liaison entre équipements terminaux
- Autres dispositifs
  - MAU, HUB, ponts et routeurs (architectures et protocoles particuliers)

# Contrôleur de communications

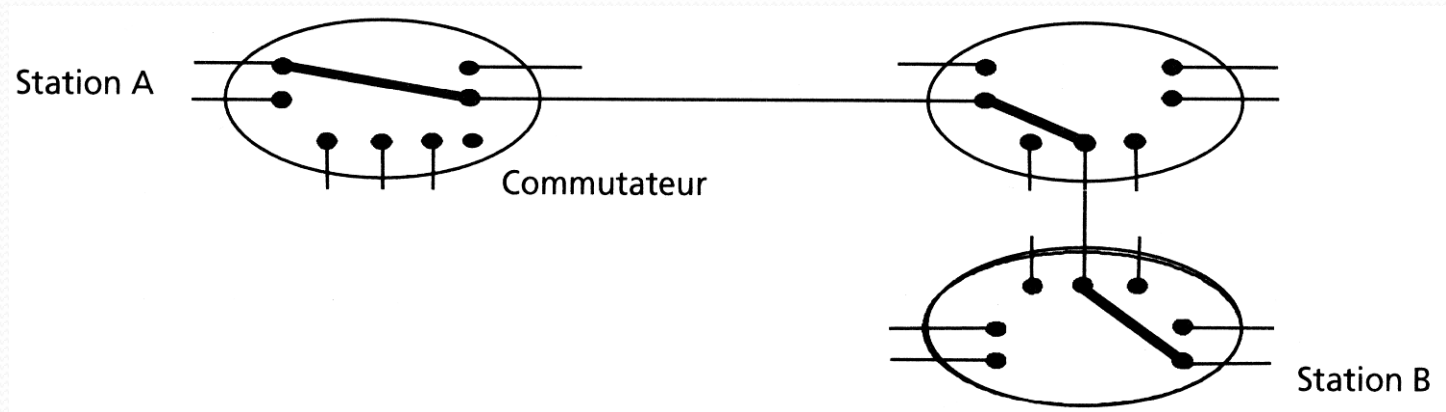
- Cartes d'interface série
  - Synchrones ou asynchrones
- Cartes d'interface réseau
  - Cartes Ethernet, Token Ring, etc.
- Contrôleurs de raccordement aux réseaux publics
  - Réseau RTC, RNIS, etc.
- Contrôleurs d'accès distant
  - Connexion d'ordinateurs à un serveur à travers un réseau téléphonique ou autre

# Réseaux à commutation

- Permet à tout équipement de communiquer
- Réseau maillé (ouvert)
  
- Trois types de commutation:
  - De circuits
  - De paquets
  - De cellules

# Commutation de circuits

- Données transmises sur un circuit
  - Commutation courte, connexion et activité faible, longue distance, pas de stockage
  - Exe: réseaux téléphoniques

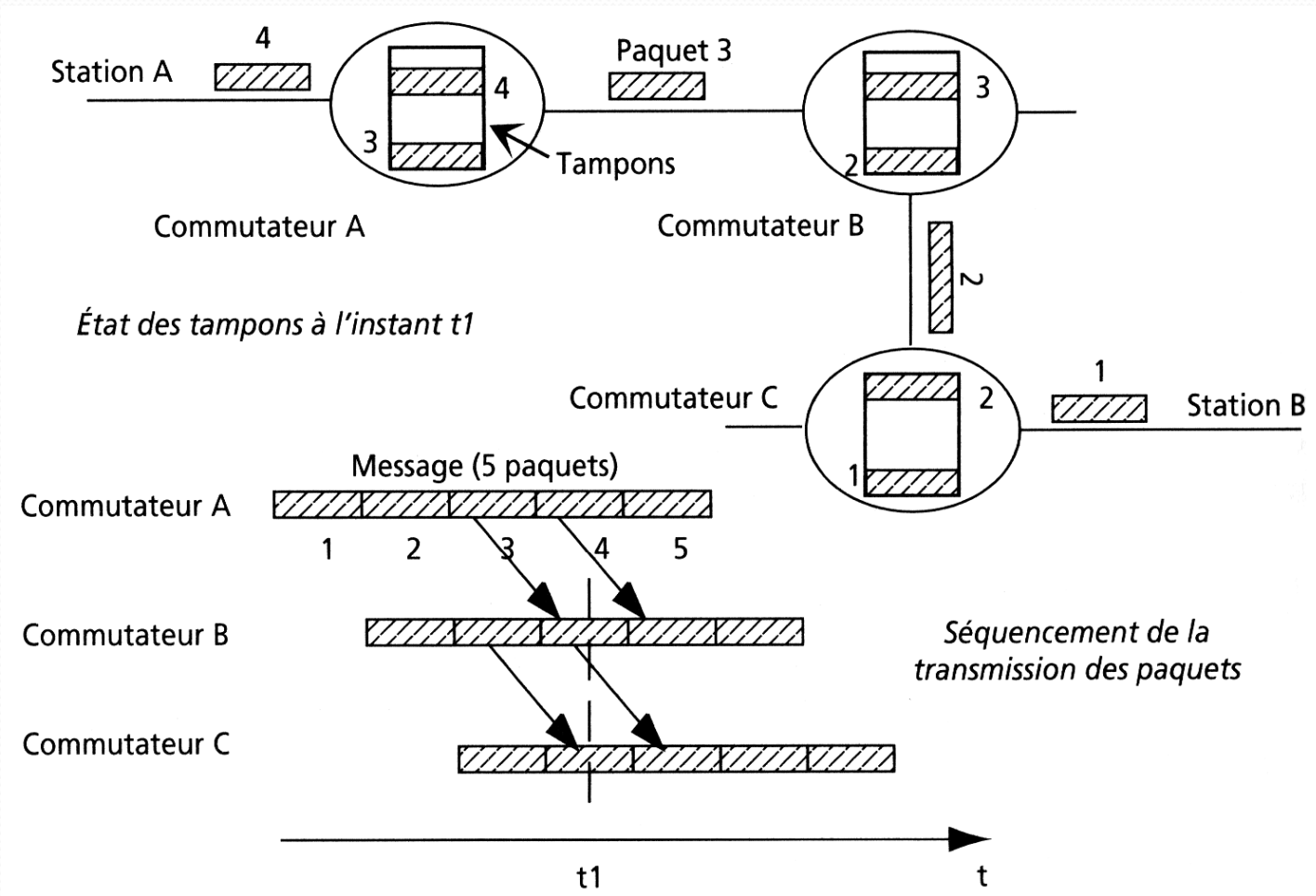


# Commutation de paquets

- Multiplexage temporel des paquets de plusieurs messages
- Reprise en cas d'erreur de transmission (mémorisation des paquets)
- Gestion des transmissions (dialogue)
- Politique de routage
- Adaptation de vitesse
- Taux d'activité et de connexion proche de 100%
- Exe: réseaux X25

# Commutation de paquets

- Exemple d'envoi de paquets:

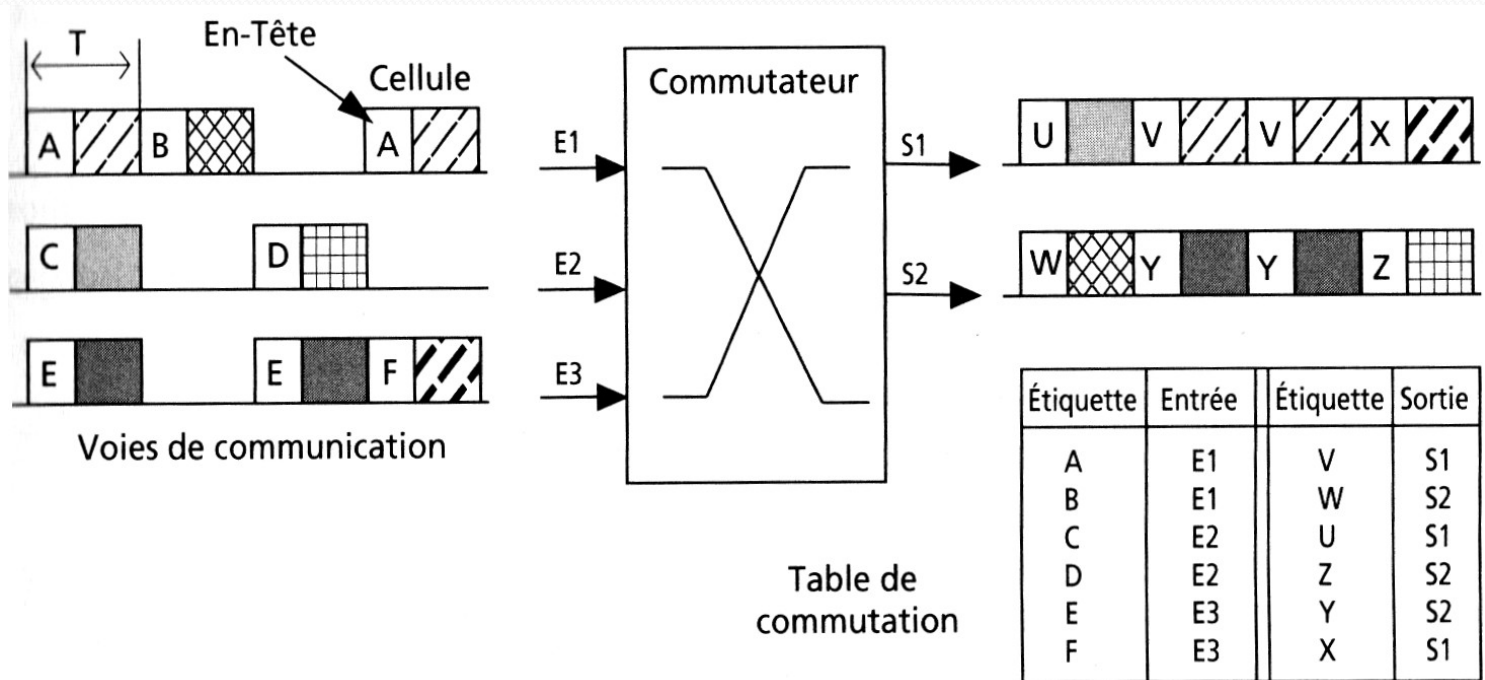


# Commutation de cellules

- Commutation de paquets  $\neq$   
délai de transmission  
imprévisible
- Incompatible avec le transport de la voix ou de la vidéo
- L'OSI a normalisé une technique de commutation  
de cellules de longueur constante  
émises à intervalle de temps constant
- Exe: réseau ATM (en remplacement de X25)

# Commutation de cellules

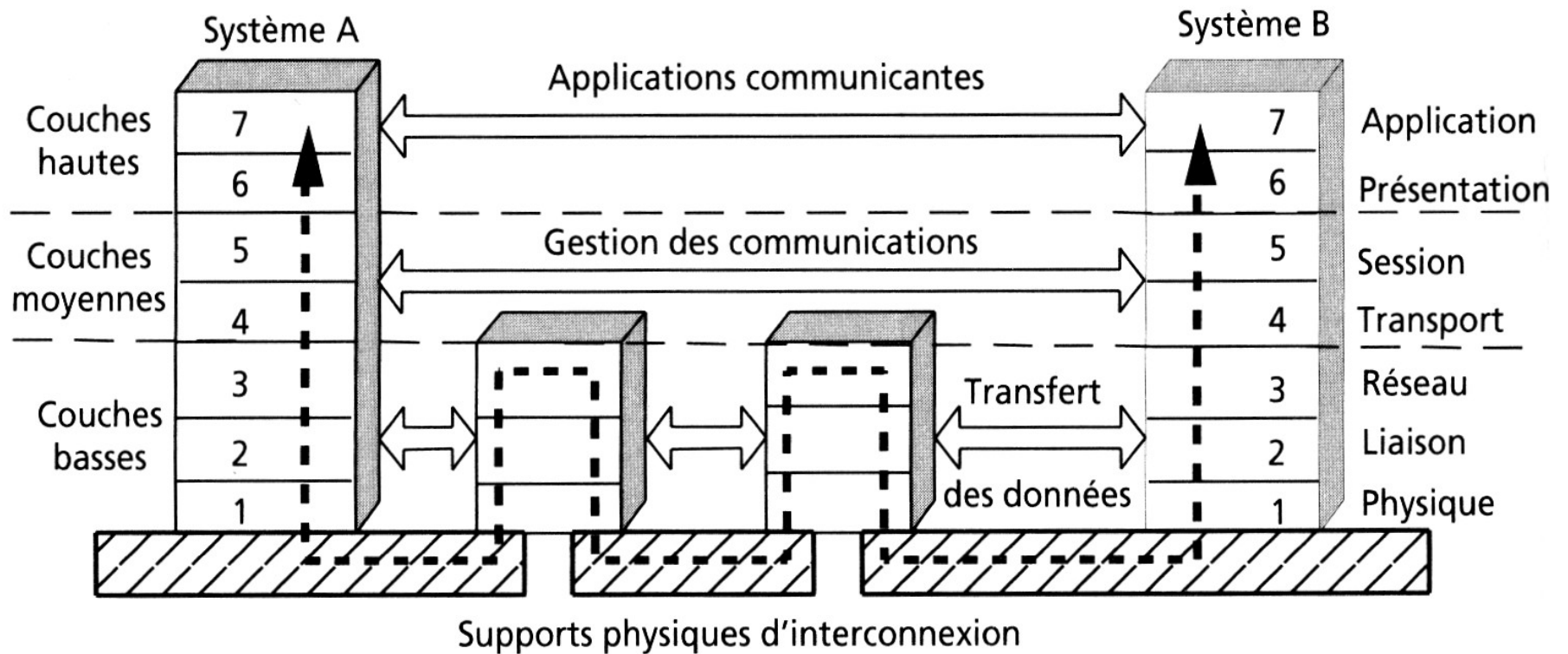
- Exemple d'envoi de cellules



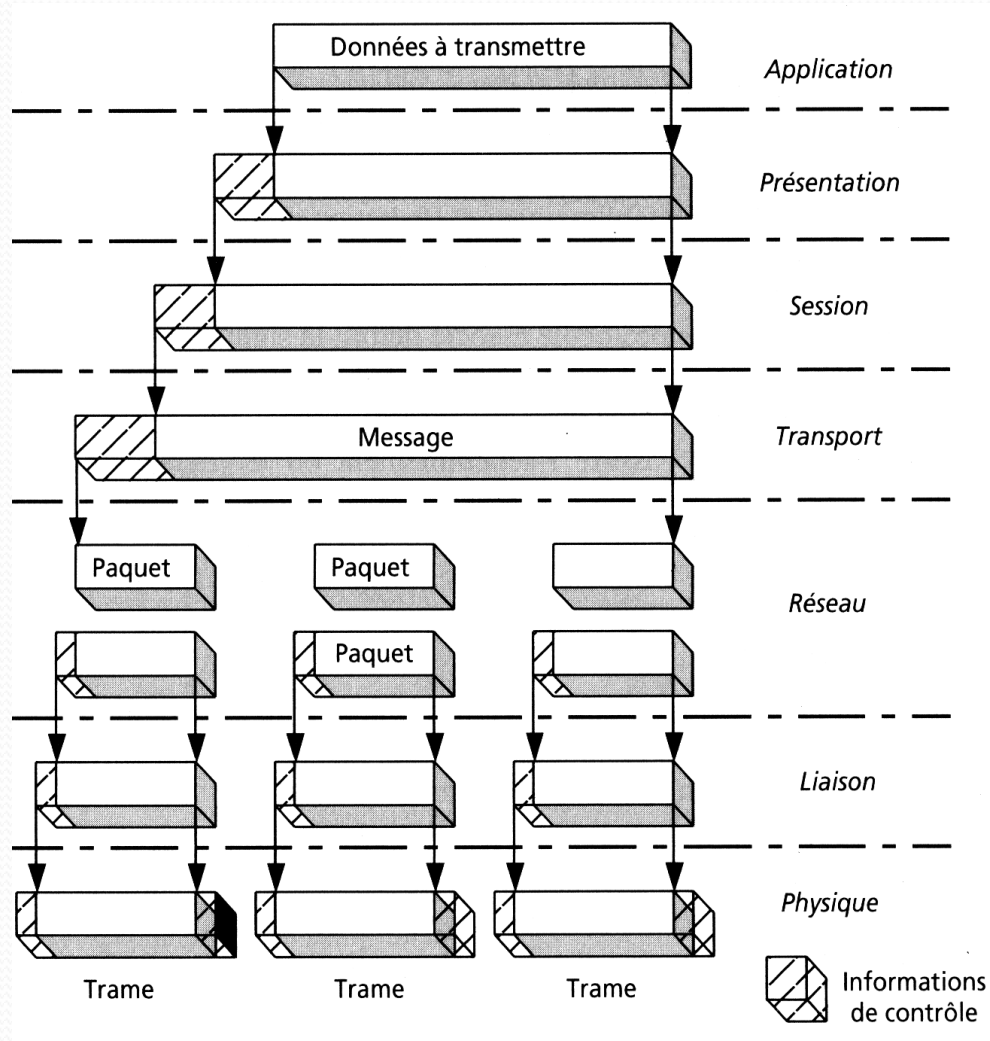
# Modèle OSI

	PDU	Couche		Fonction
Couches Hautes (Logicielles)	Données	7	Application	Point d'accès aux services réseau
		6	Présentation	Gère le chiffrement et la compression des données, convertit les données machine en données exploitables par n'importe quelle autre machine
		5	Session	Interface qui gère les sessions entre les différentes applications
Couches Moyennes	Segments / Datagramme	4	Transport	Contrôle de flux et découpage en paquet. Notion de port.
Couches Basses (Matérielles)	Paquet	3	Réseau	Détermine le parcours des données et l'adressage logique (Adresse IP)
	Trame	2	Liaison	Adressage physique (Adresse MAC)
	Bit	1	Physique	Transmission des signaux sous forme numérique ou analogique

# Communication (OSI)



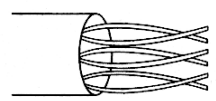
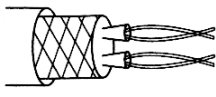
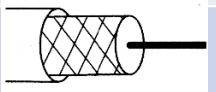
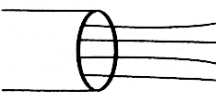
# Transmission des données (OSI)



# Support Physique d'interconnexion

- Critères de choix du support:
  - Distance max entre stations
  - Débits min et max
  - Type de transmission
    - (numérique ou analogique)
  - Nature des informations échangées
    - (données, voix, vidéo, ...)
  - Connectique
  - Fiabilité
  - Coût

# Quelques supports physiques

Type de support		Débit max	Distance max	Temps de propagation	Immunité au bruit	Remarques
Paire torsadée non blindée		1 Gbit/s	1 km	~5.3 $\mu$ s/km	Faible	Affaiblissements importants
Paire torsadée blindée		1 Gbit/s	1 km	~5.3 $\mu$ s/km	Bonne	Liaisons multifils
Câble coaxial		100 Mbit/s	1 km	~4.1 $\mu$ s/km	Très bonne	Impédance 50 $\Omega$
Fibre optique		10 Gbit/s	10 km	~5 $\mu$ s/km	excellente	Débit en progression

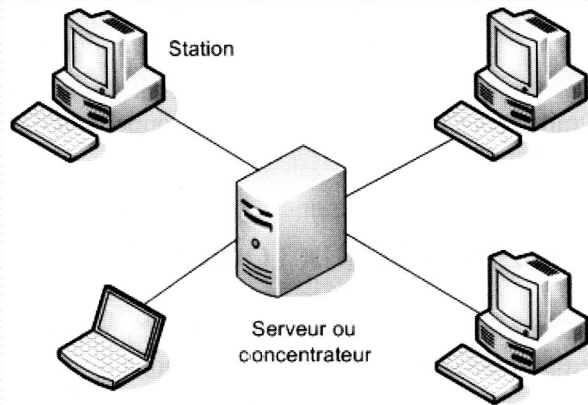
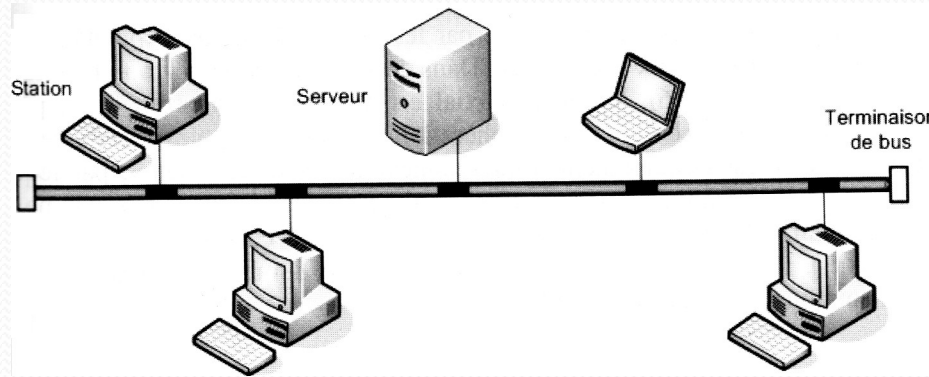
# Les réseaux locaux

- Ensemble des ressources téléinformatiques pour l'échange de données entre équipements
  - Dans une entreprise, chez un particulier, etc.
- Débit de 100 kbit/s à 1 Gbit/s
- Distance max 10 km
- Equipements:
  - Ordinateurs, imprimantes, serveurs, automates, etc.
- Besoins:
  - Partage de fichiers, bases de données, vidéos, etc.

# Natures des données échangées

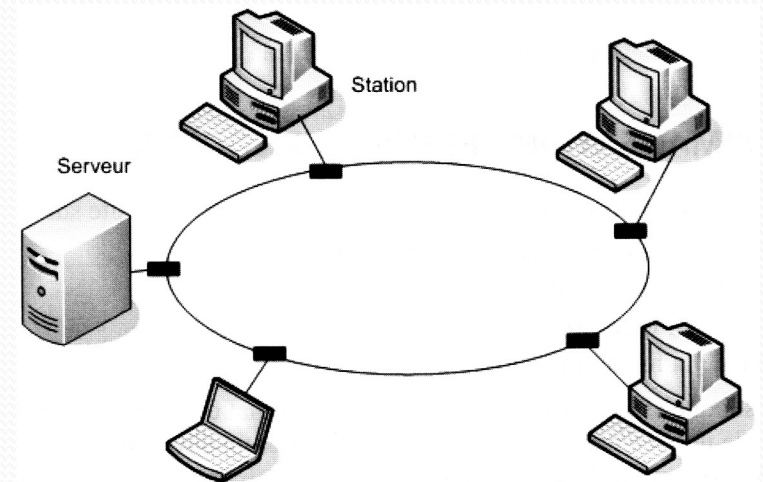
- Bureautique
  - Messagerie, base de données, documents, fax, etc.
  - Débits max 10 Mbit/s
- Multimédia
  - Images, sons, musiques, vidéos, etc.
  - Débits max 10 Gbit/s
- Temps réel
  - VOIP, vidéos conférences, streaming, commandes de processus, etc.
  - Débit max 1 Mbit/s avec contrainte d'acheminement

# Topologie des réseaux locaux



Etoile

Bus

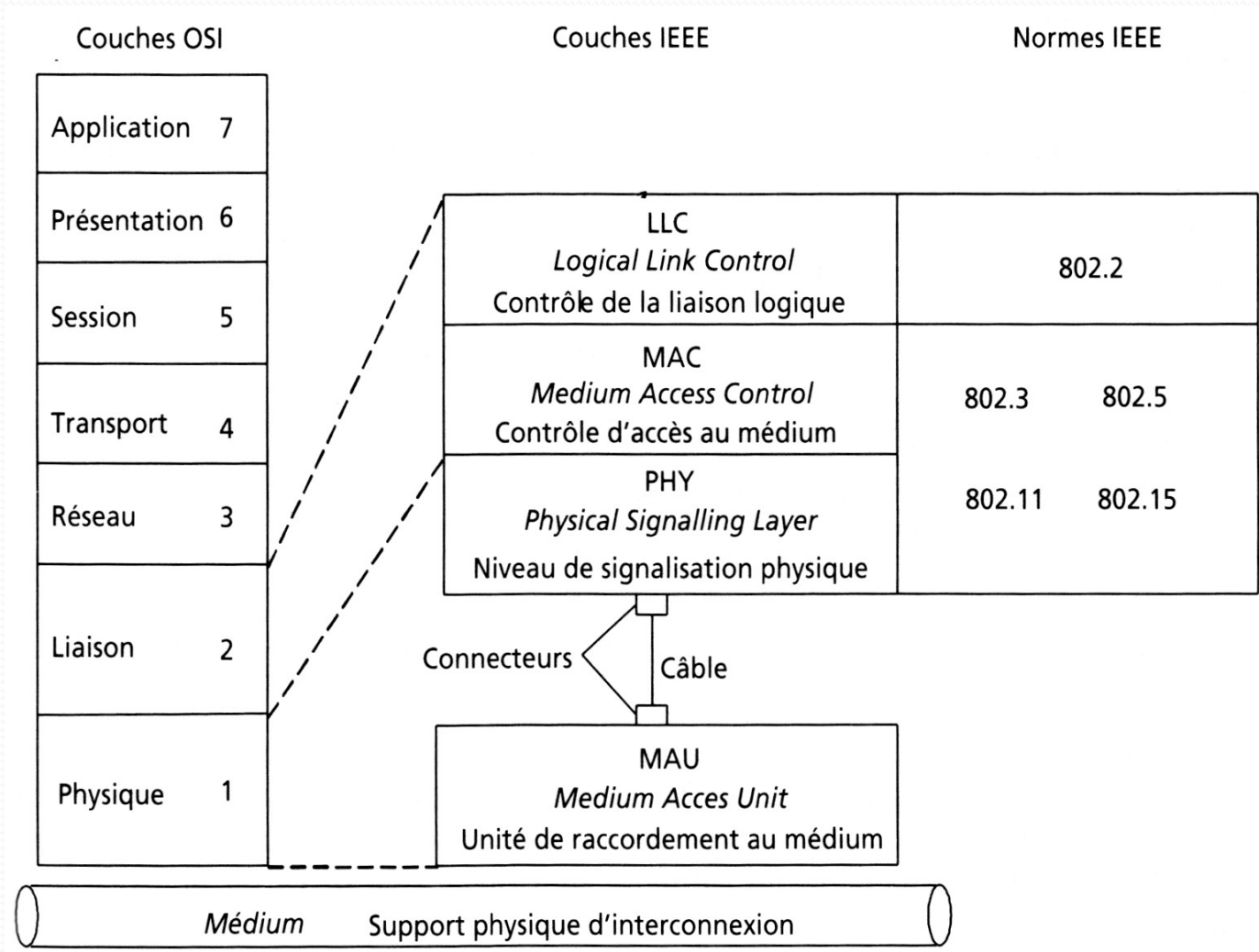


Anneau

# Normalisation des réseaux

- Transfert de données nécessite:
  - Mise en forme des info à émettre
  - Identification du récepteur
  - Décodage des info par le récepteur
  - Annonce de la fin de transmission
- Protocoles définis (IEEE, ISO)
  - Modèle OSI

# Correspondance OSI / IEEE

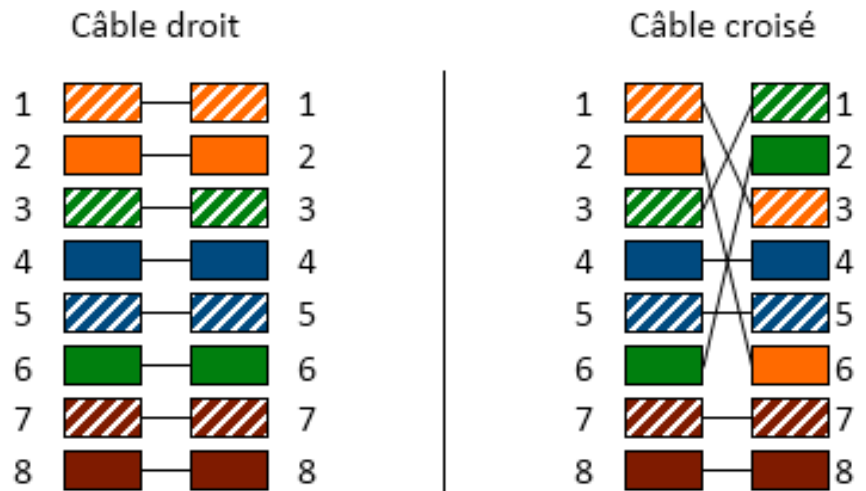
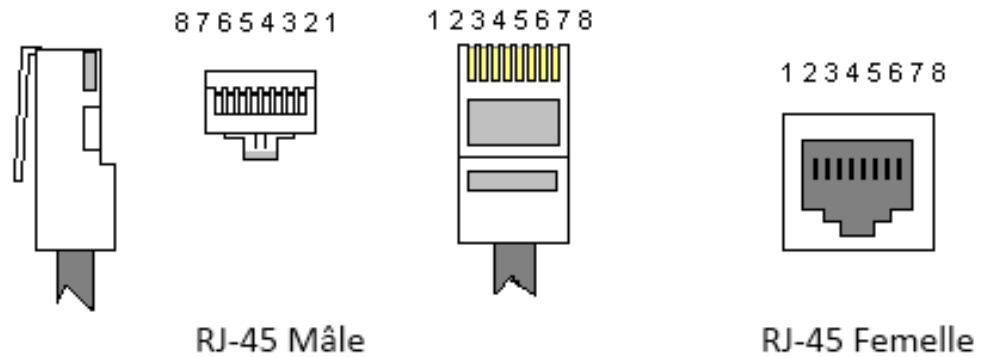


# Architecture Ethernet

- Débit 10Mbit/s à 1Gbit/s
- Transmission en bande de base (codage Manchester)
- Topologie en bus
- Méthode d'accès (IEEE 802.3)
- Longueur trame de 64 à 1518 octets
- Support coaxial, paire torsadée ou fibre optique
- Gestion des couches 1 et partiellement 2 de l'OSI

# Connectique Ethernet

- Paires torsadées
  - 10BaseT
  - 100BaseT
  - 1000BaseT (RJ45)
- Paire
  - 2 émission (1-2)
  - 3 réception (3-6)
  - 1 (4-5)
  - 4 (7-8)



# Trame Ethernet

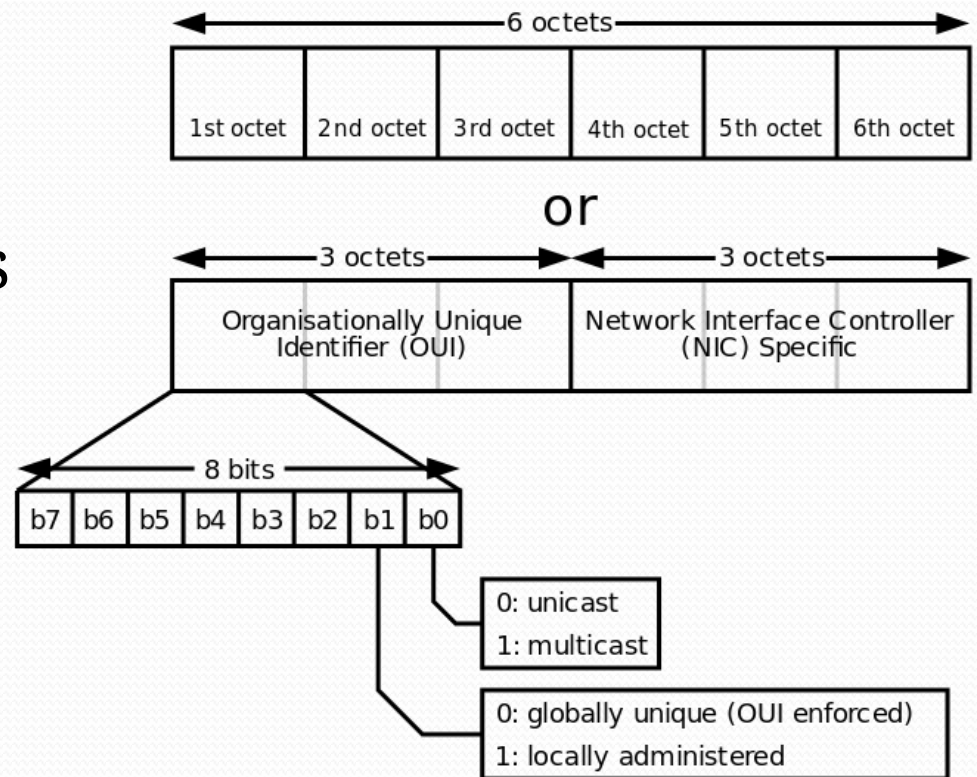
- Sous couche MAC
  - Préambule et délimiteur
  - Adresse MAC de destination et de source
  - Longueur des données
  - Données
  - Somme de contrôle (FCS)

0101..0101 10101011

Préambule	Délimiteur trame	Adresse destination	Adresse source	Longueur des données	Données	Bourrage	FCS
7 octets	1 octet	6 octets	6 octets	2 octets	46 à 1500 octets		4 octets

# Adresse MAC ou physique

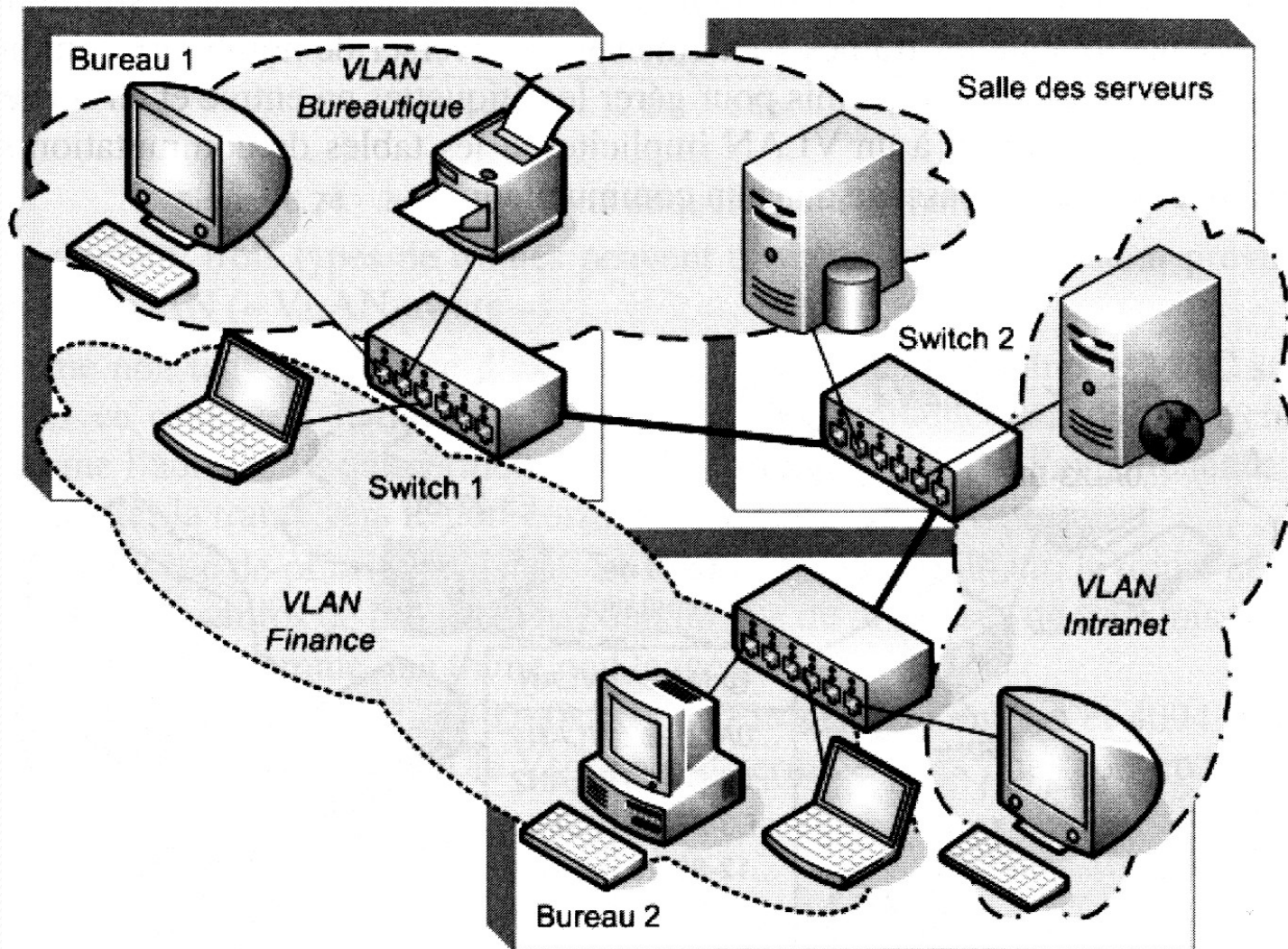
- Medium Access Control
- Propre aux interfaces
- Codée sur 6 octets
  - Code OUI
  - Code NIC
- Adresse de diffusion
  - FF FF FF FF FF FF



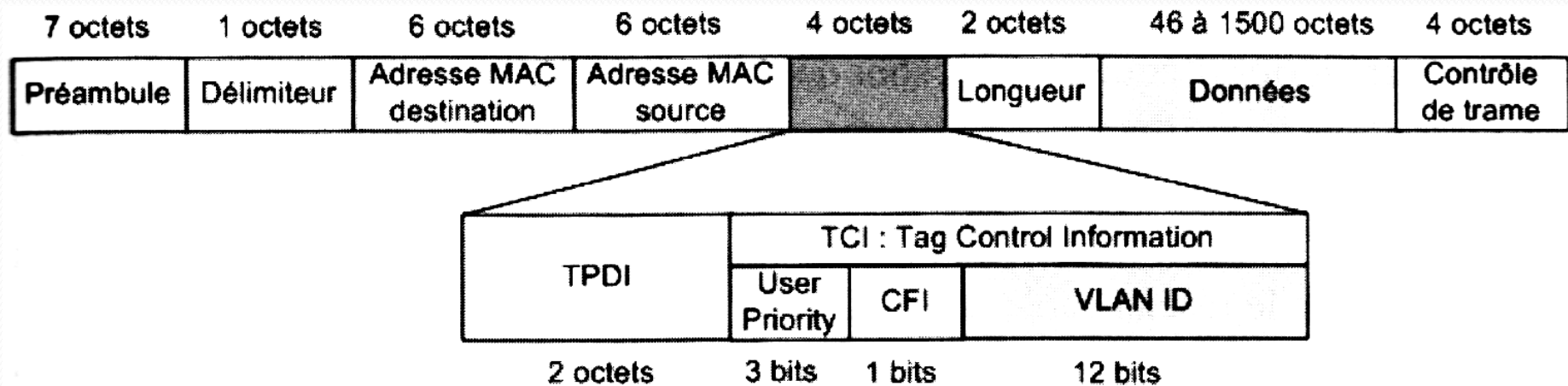
# VLAN

- Virtual Local Area NetWork
- Réseau locaux virtuel
  - Regroupement logique des machines
  - ≠ regroupement physique
  - Amélioration de la gestion du réseau
  - Renforce la sécurité
  - Domaine de diffusion indépendant du hardware
  - Séparation des flux
  - Optimisation de la bande passante

# Exemple de VLAN



# Trame Ethernet avec VLAN



- 4 octets insérés après l'adresse MAC source

# TAG VLAN

- Champ TPID sur 2 octets
  - Tag Protocol Identifier (trames taggées : 0x8100)
- Champ User Priority sur 3bits (8 niveaux)
- Un bit CFI
  - =1 si la trame transporte des données autres qu'Ethernet (Canonical Format Indicator)
- Champ VID sur 12bits
  - Identifie le VLAN destinataire

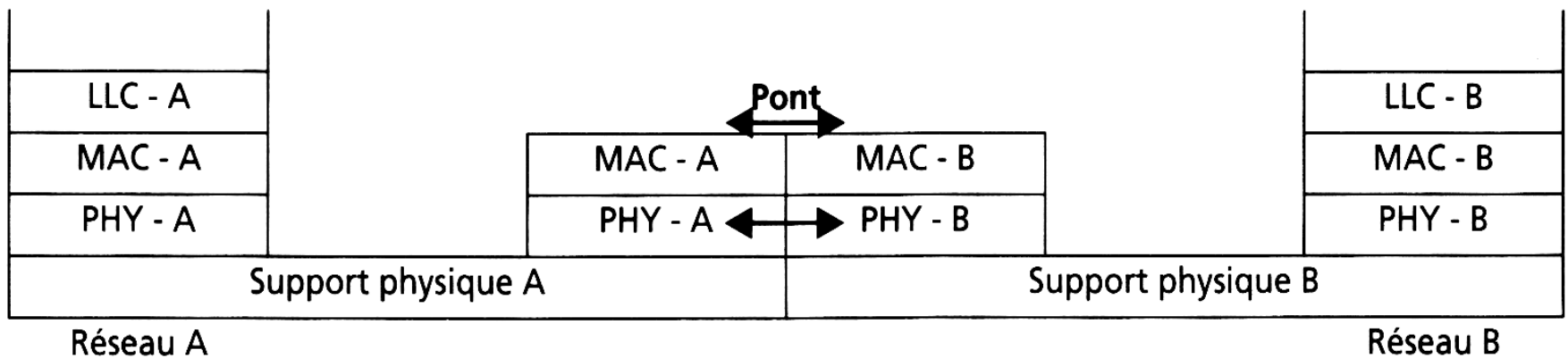
# Dispositif d'interconnexion

- Répéteur ou boîtier d'interconnexion (hub)
  - Apporte une adaptation au niveau physique
- Pont (bridge) ou commutateur Ethernet (switch)
  - Couche de liaison
- Routeur (router)
  - Couche réseau
- Passerelle (gateway)
  - Modifie jusqu'au niveau transport et parfois au-delà

# Le répéteur

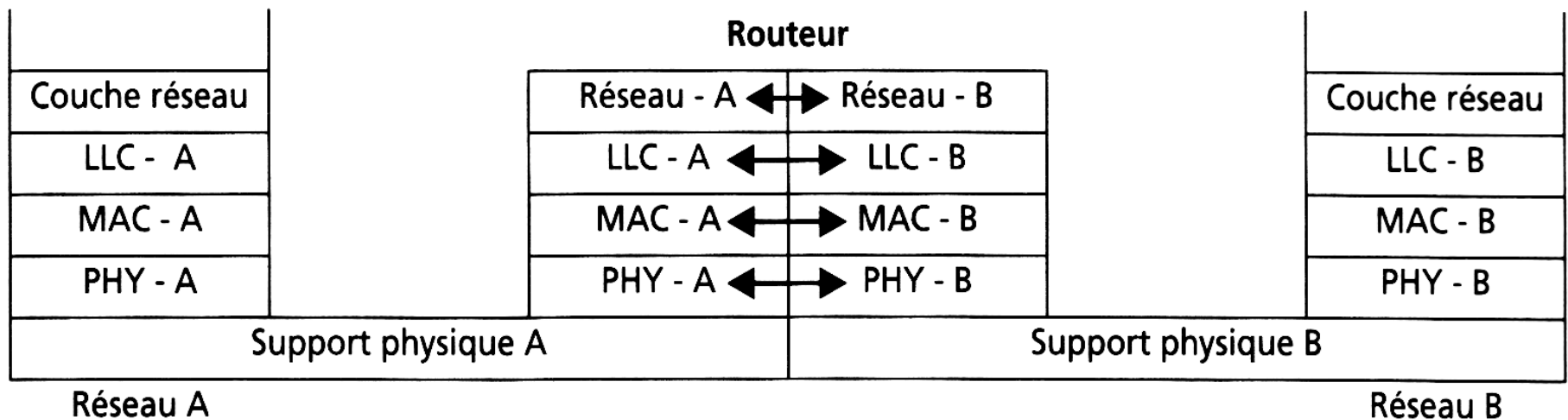
- Répétition des bits d'un segment sur l'autre
- Régénère le signal
- Change le support physique
- C'est un élément passif
- Le HUB est un répéteur sur plusieurs ports

# Le pont



- Le switch est un dispositif d'interconnexion qui intervient au niveau 2
- Le switch ne modifie pas les adresses MAC des trames  
Il la redirige vers l'adresse MAC de destination

# Le routeur



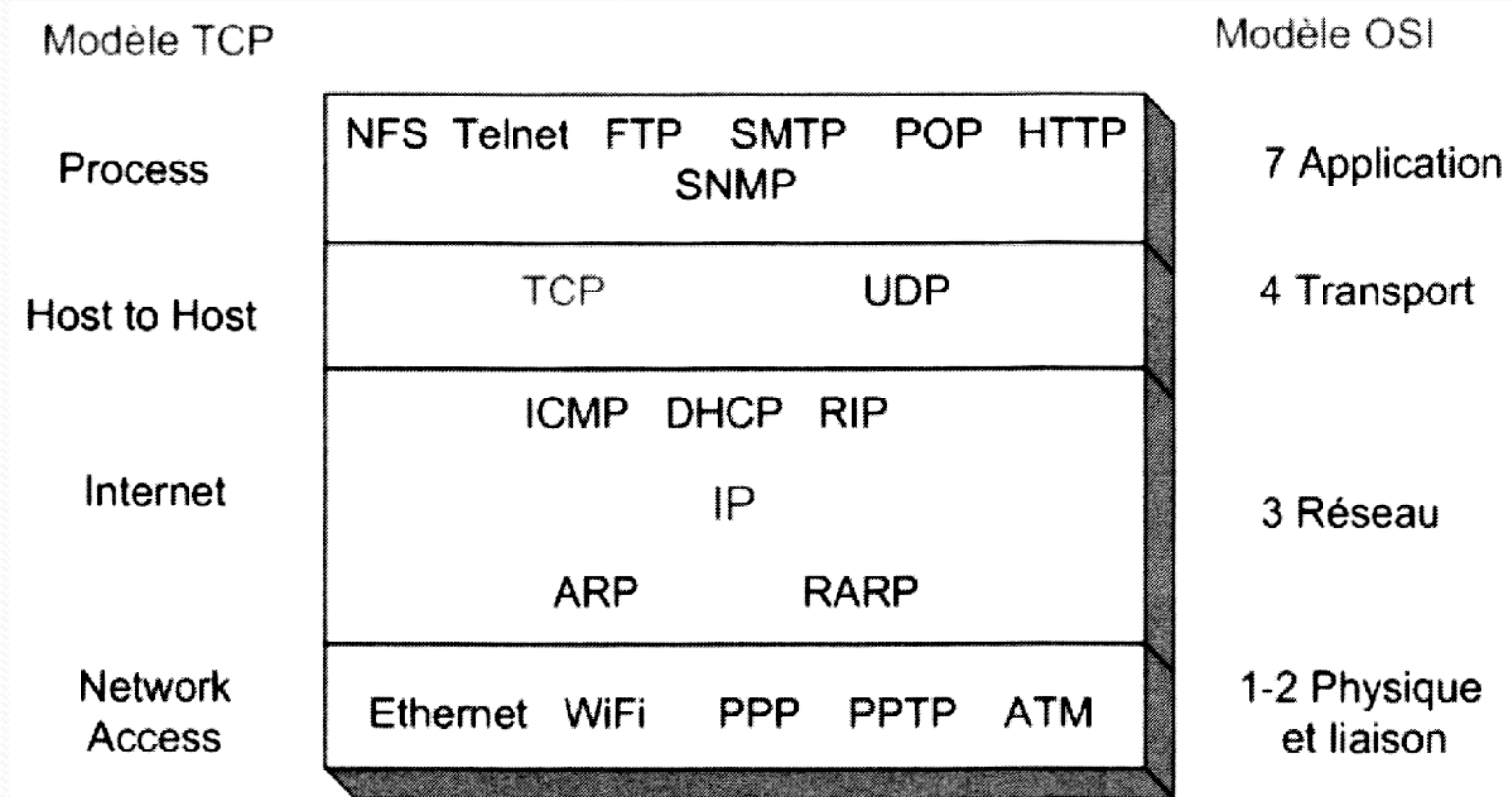
- Les paquets sont redirigés vers leur destinataire grâce à une table de routage et à l'adresse MAC destinataire
- Les adresses MAC sont adaptées au réseau destinataire

# La passerelle

- Permet de mettre en œuvre plusieurs types de réseaux
- Réalise une conversion complète des trames
- Possède une pile complète des 7 couches OSI pour chacun des réseaux servis

# Protocoles TCP/IP

- Transport Control Protocol / Internet Protocol



# Niveaux 1 et 2

- Protocole lié aux architectures Ethernet, WiFi ou autres
- Pour le 802.3, DSAP et SSAP de la sous couche LLC prennent la valeur  $06_H$
- Pour Ethernet II, la sous couche LLC n'existe pas
  - IP est indiqué dans la sous couche MAC par  $0800_H$
- PPP et PPTP (tunneling) cas particulier

MAC			LLC			IP
Adr. Dest.	Adr. Src.	Longueur	DSAP = $06_H$	SSAP = $06_H$	Contrôle	

MAC			IP
Adr. Dest.	Adr. Src.	$0800_H$	

# Niveau 3

- ARP (Address Resolution Protocol)
  - Résolution IP / MAC
  - Les adresses MAC sont locales
    - Leur répartition n'a pas de lien logique
  - Les adresses IP sont distribuées logiquement
    - Leur répartition est structurée par le réseau
- RARP (reverse ARP)
  - Résolution MAC / IP

# Niveau 3

- ICMP (Internet Control Message Protocol)
  - Utilise l'encapsulation IP
  - Sert à la gestion du protocole IP
  - Permet la collecte des erreurs
- RIP (Routing Information Protocol)
  - Utilise le principe de multidiffusion
  - Les routeurs diffusent leur table de routage aux autres

# Niveau 3

- IP (Internet Protocol)

Est responsable de

- Transmission des données en mode non connecté
- Adressage et routage des paquets
- Fragmentation des données

# Niveau 4

- TCP (Transmission Control Protocol)
  - Mode connecté
  - Transfert fiable
- UDP (User Datagram Protocol)
  - Mode non connecté
  - Transfert en mode datagramme

# Niveau 7

Protocoles niveau applicatif

- NFS (Network File Protocol)
- Telnet (Terminal Emulation Protocol)
- FTP (File Transfer Protocol)
- SMTP (Simple Mail Transfert Protocol)
- HTTP (HyperText Transmission Protocol)
- SNMP (Simple Network Management Protocol)
- NTP (Network Time Protocol)
- ...

# Protocole IP (Internet Protocol)

- Protocole niveau réseau (3)
- Responsable de:
  - Transmission en mode sans connexion
  - Adressage et routage des paquets
  - Fragmentation des données
  - Vérification de la longueur du paquet
  - Contrôle des erreurs
  - Réassemblage des paquets fragmentés

# Protocole IP (Internet Protocol)

Fonctionnalités lors de l'émission:

- Identification du paquet
- Détermination de la route à suivre
- Vérification du type d'adressage
- Fragmentation de la trame

Fonctionnalités lors de la réception:

- Vérification de la longueur
- Contrôle des erreurs
- Réassemblage en cas de fragmentation
- Transmission du paquet réassemblé au niveau sup

# Format du paquet IP

- Les paquets ou datagramme IP
  - Organisés sur 32bits

31		23		15		7		0
Version		Longueur		Type de service		Longueur totale		
Identificateur				Drapeaux		Position du fragment		
Durée de vie			Protocole		Checksum de l'en-tête			
Adresse station source								
Adresse station destinatrice								
Options éventuelles						Bourrage éventuel		
Données couche 4								

# Champs du paquet IP

Version du protocole IP (actuellement 4)

Longueur de l'entête (généralement 5)

Type de service : désigne la qualité de service

Identificateur pour la fragmentation (même num pour un paquet)

Drapeaux (DF= Don't Fragment & MF= More Fragment)

Position du fragment par multiple de 8 dans le paquet

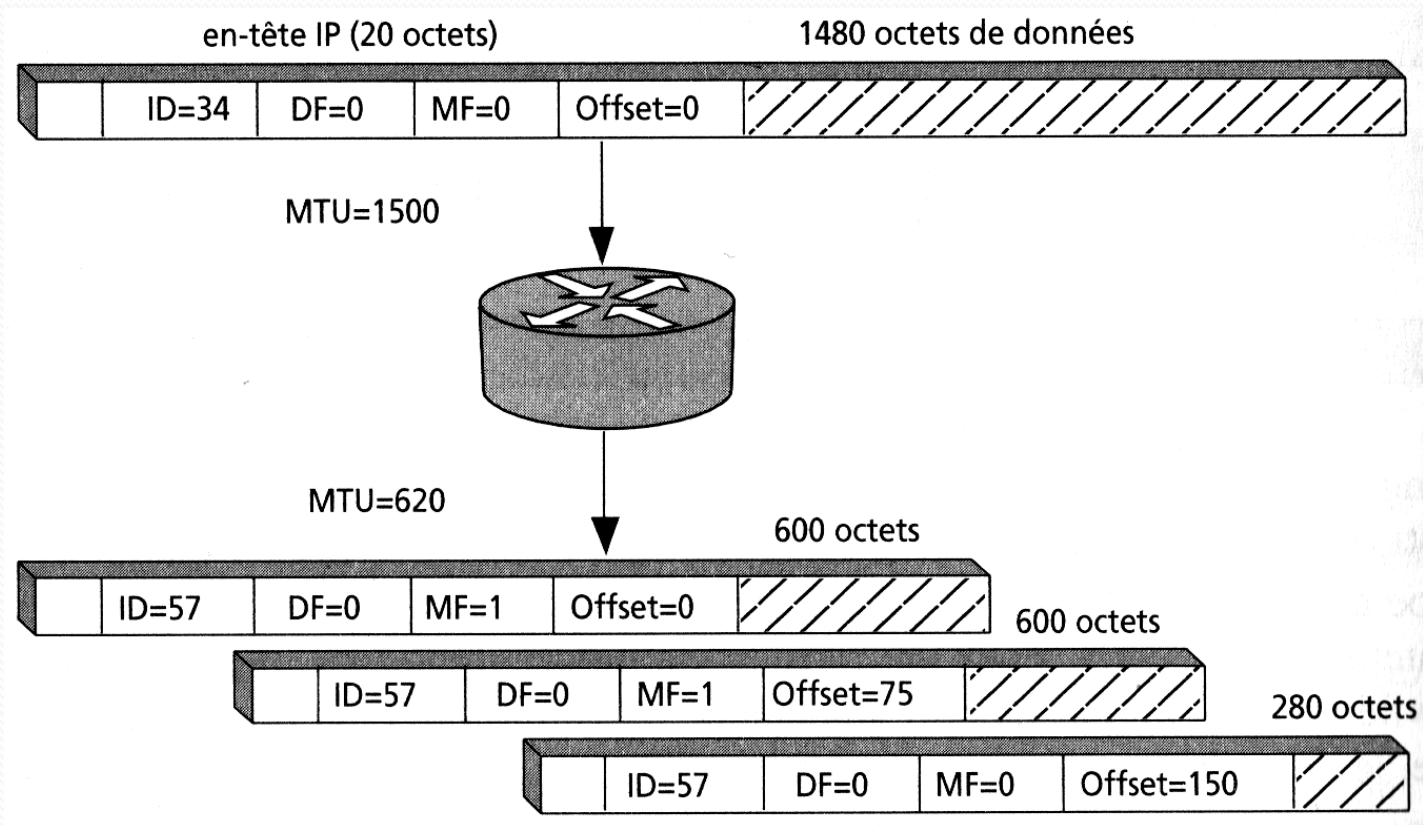
Durée de vie du paquet qui est décrémenté par chaque routeur et détruit si =0

Protocole contient le numéro SAP du destinataire et le protocole de la couche supérieure (1 pour ICMP, 6 pour TCP, 17 pour UDP)

Options qui sont utilisées pour le contrôle ou la mise au point

# Fragmentation du paquet

- Maximal Transfer Unit



# Adressage Internet

- Le Network Information Center un num à chaque réseau
- Adresse sur 32bits
  - Net ID + Host ID

0	Net_id (adr. réseau sur 7 bits)	Host_id (adr. station sur 24 bits)	Classe A
10	Net_id (adr. réseau sur 14 bits)	Host_id (adr. station sur 16 bits)	Classe B
110	Net_id (adr. réseau sur 21 bits)	Host_id (adr. station sur 8 bits)	Classe C
1110	Adr. Multicast (28 bits)		Classe D
1111	Format indéfini (28 bits)		Classe E

# Classe de réseau

- Classe A : 1.0.0.0 à 126.0.0.0
  - 126 réseaux ( $2^{8-1}-2$ ) et 16777214 machines ( $2^{32-8}-2$ )
- Classe B : 128.1.0.0 à 191.254.0.0
  - 16382 réseaux ( $2^{16-2}-2$ ) et 65534 machines ( $2^{32-16}-2$ )
- Classe C : 192.0.1.0 à 223.255.254.0
  - 2097150 réseaux ( $2^{24-3}-2$ ) et 254 machines ( $2^{32-24}-2$ )
- Classe D : 224.0.0.1 à 239.255.255.255
  - 268435454 adresses de groupe ( $2^{32-4}-2$ )
- Classe E : 240.0.0.0 à 255.255.255.254

# Classe de réseau

- Classe A : réseaux de grande envergure (ministère de la défense US, réseaux d'IBM, AT&T, etc.)
- Classe B : réseaux moyens (université, centre de recherches ...)
- Classe C : petits réseaux (PME, usager ...)
- Classe D : adresse de groupe de diffusion

# Adresses Spéciales

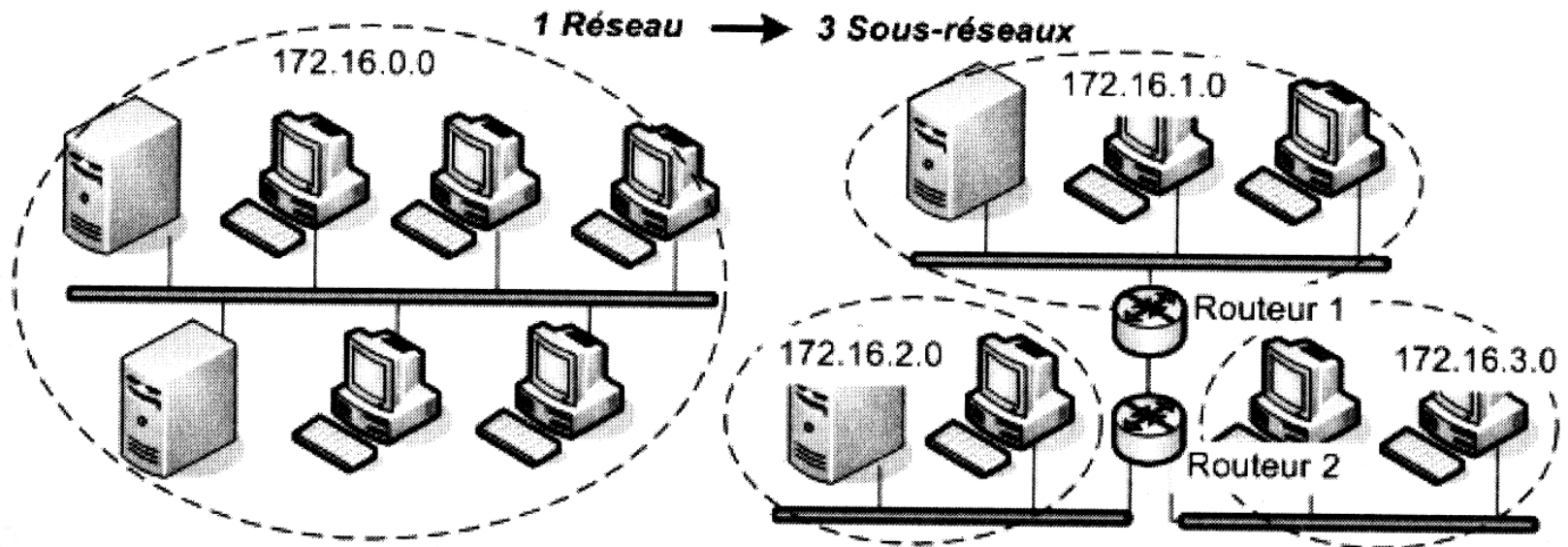
- Adresse de réseau  $\underline{\quad}$  partie basse = 0
  - exe: 212.93.28.0 pour un réseau de classe C
- Adresse de diffusion  $\underline{\quad}$  partie basse = 1
  - exe : 155.12.255.255 pour un réseau de classe B
- Adresse Loopback ou Localhost : 127.0.0.1/8  
(16 million d'adresses)
- Adresse encore inconnue : 0.0.0.0
- Adresses réservées à un usage privé :
  - Classe A : 10.0.0.0
  - Classe B : 172.16.0.0 à 172.31.0.0
  - Classe C : 192.168.0.0 à 192.168.255.0

# Adresses APIPA

- Automatic Private Internet Protocol Addressing
- Pas de réponse du serveur DHCP  $\Rightarrow$  APIPA
- Adresse réseau:  
169.254.0.0/16
- Permet aux hôtes non configurés de communiquer
- Réservé aux communications locales (pas d'Internet!)

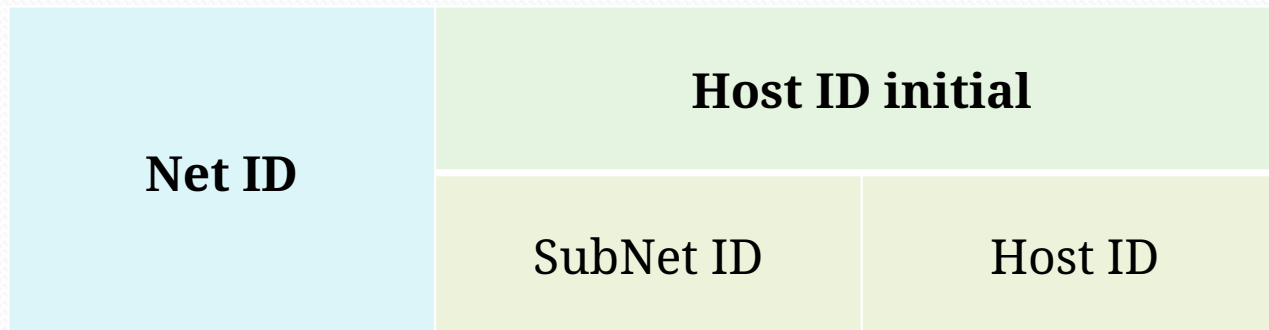
# Adressage de sous-réseaux

- Segmentation de réseau pour :
  - Réduire le nombre de communication
  - Connecter des réseaux d'architectures hétérogènes
  - Regrouper les ordinateurs en domaines et sous-domaines



# Adressage de sous-réseaux

- Permet de déterminer si le paquet est destiné à une machine :
  - du même réseau
  - d'un sous-réseau différent sur le même réseau
  - sur un autre réseau
- Host ID découper en deux
  - Adresse de sous-réseau (subnet ID)
  - Numéro de machine dans le sous-réseau (Host ID)



# Adressage de sous-réseaux

- Exemple de classe C
  - Deux bits pour identifier le sous-réseau
  - Quatre sous-réseaux possibles:
    - 192.44.77.0 / 192.44.77.64 / 192.44.77.128 / 192.44.77.192
    - 62 adresses de disponibles par sous-réseau

	Net_id	Subnet_id	Host_id = 15
Adresse IP : 192.44.77.79	= 1100 0000 . 0010 1100 . 0100 1101	. 01	00 1111
Netmask : 255.255.255.192	= 1111 1111 . 1111 1111 . 1111 1111 . 11		00 0000
Adresse de sous-réseau : 192.44.77.64	= 1100 0000 . 0010 1100 . 0100 1101 . 01		00 0000

Diagram illustrating the calculation of the subnet address. The IP address 192.44.77.79 is converted to binary: 1100 0000 . 0010 1100 . 0100 1101 . 0100 1111. The netmask 255.255.255.192 is converted to binary: 1111 1111 . 1111 1111 . 1111 1111 . 1100 0000. The binary representation of the IP address is divided into three parts: Net\_id (1100 0000 . 0010 1100 . 0100 1101), Subnet\_id (01), and Host\_id (00 1111). The Subnet\_id (01) is circled, and the Host\_id (00 1111) is also circled. A vertical line separates the Subnet\_id from the Host\_id. An arrow points from the Subnet\_id (01) to the Host\_id (00 0000) in the resulting subnet address. A circled ampersand (&) is placed to the right of the Host\_id in the IP address row, indicating a bitwise AND operation between the IP address and the netmask.

# Pénurie d'adresses

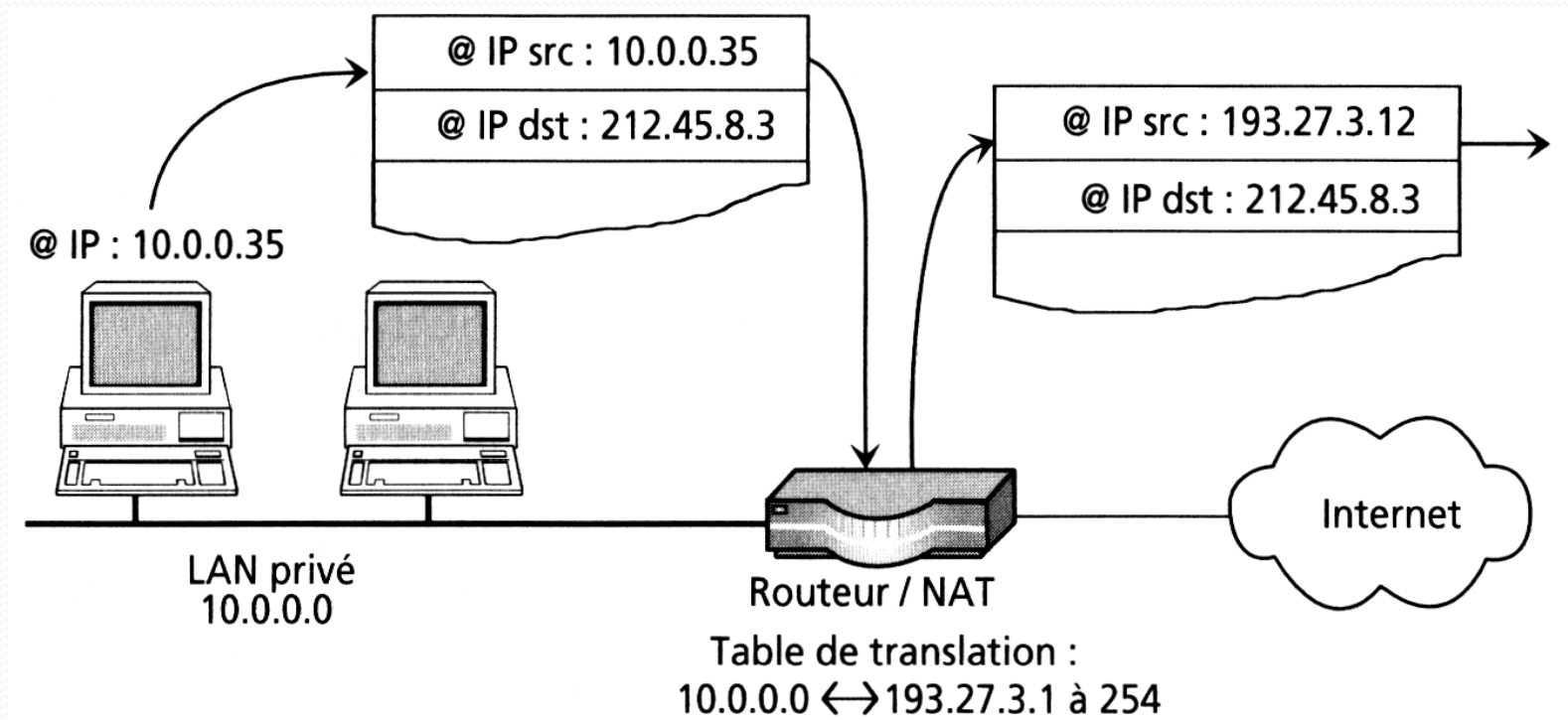
- 4 milliard ( $2^{32}$ ) adresses possibles
- CIDR (Classless Inter Domain Routing)
- Réseaux privés et translation d'adresse
- Adressage IPv6

# Classless Inter Domain Routing

- Attribuer des réseaux de classe C
  - Optimisation des adresses existantes
  - Bloc de 254 adresses
  - Routeur CIDR pour regrouper les sous-réseaux
- Exe:
  - Réseaux 193.127.32.0 et 193.127.33.0  
de masque 255.255.255.0
  - Agrégés en 193.127.32.0 & 255.255.254.0
  - Agrégat noté 193.127.32.0 / 23

# Réseaux privés et NAT

- Routeur NAT (Network Address Translation)
  - Utilisation des adresses privées

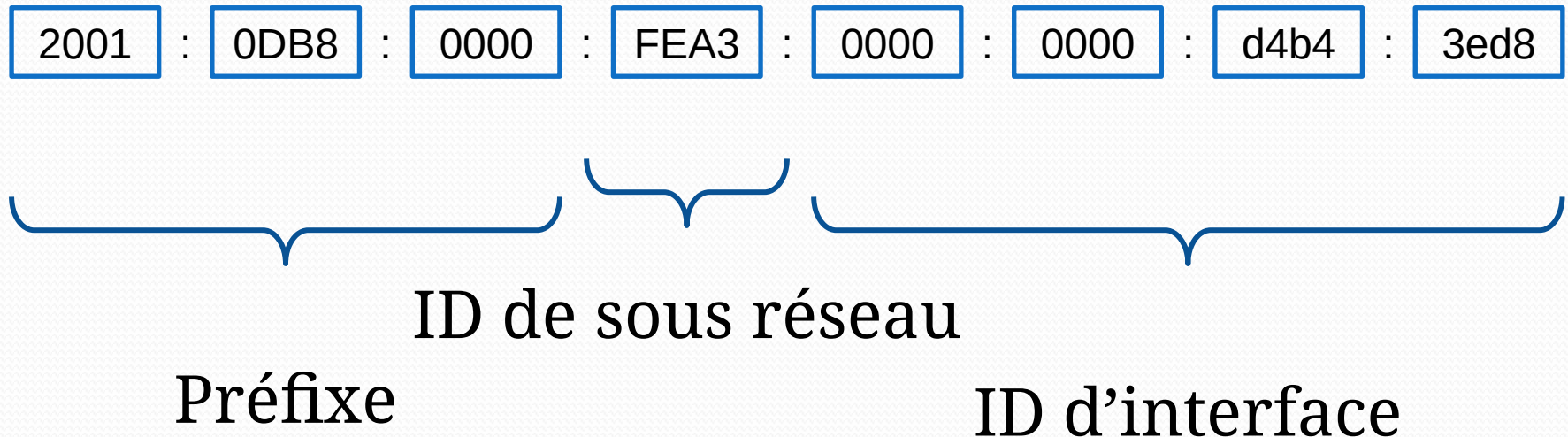


# Internet Protocol version 6

- Codage sur 128 bits de l'adresse IP
- Compatibilité avec IPv4
- Exe:
  - **IPv4** : 212.180.62.226
  - **IPv6** :
  - 12.156.21.34.125.22.254.42.65.12.38.89.**212.180.62.226**
  - Ou 0C9C:1522:7D16:FE2A:410C:2659:**212.180.62.226**

# Internet Protocol version 6

- Codage sur 128 bits de l'adresse IP:



# Internet Protocol version 6

Plusieurs simplification de l'écriture:

Exe:

- IPv6 complète : 2001 : 0DB8 : 0000 : FEA3 : 0000 : 0000 : AC1F : 5B01

Suppression des '0' non significatifs:

- IPv6 courte : 2001 : DB8 : 0 : FEA3 : 0 : 0 : AC1F : 5B01

Suppression des groupes à '0'

- IPv6 abrégée : 2001 : DB8 : 0 : FEA3 :: AC1F : 5B01

- IPv6 erronée : 2001 : DB8 :: FEA3 :: AC1F : 5B01



# Internet Protocol version 6

Notation compatible IPv4:

- Adresse / préfixe

Exe:

- 2001:1b8:89::/48

Représente la plage réseau:

- 2001:1b8:89:0:0:0:0:0

à

- 2001:1b8:89:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF

# Internet Protocol version 6

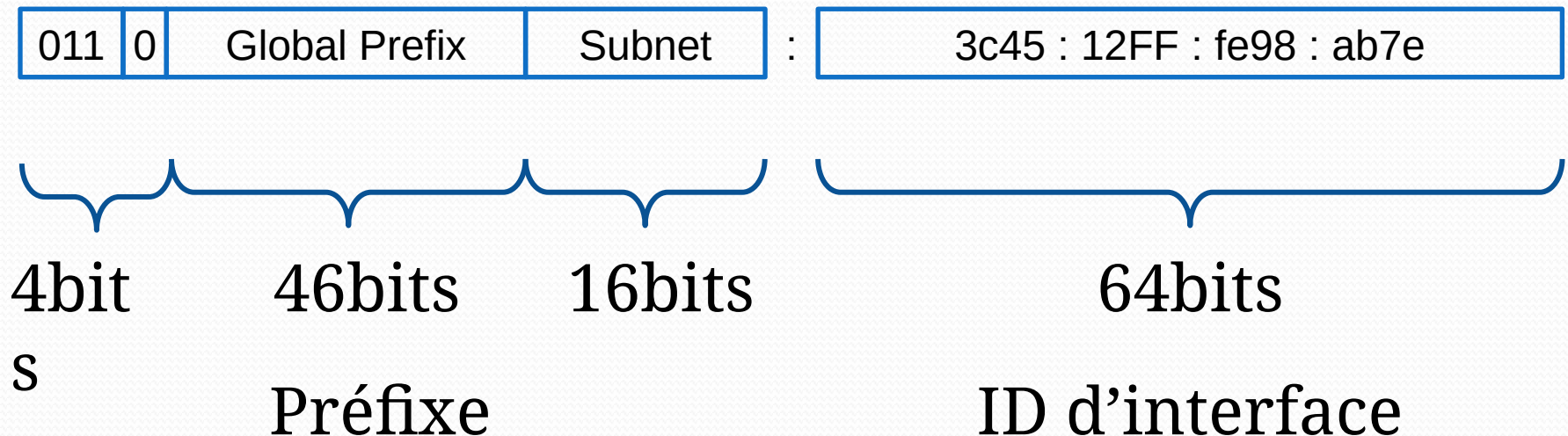
- Types d'adresses en IPv6

<i>Adresse de réseaux</i>	<i>Type d'adresses</i>
::/8	Adresses réservées
2000::/3	Adresses unicast routables sur Internet
FC00::/7	Adresses locales uniques
FE80::/10	Adresses locales lien (auto IP)
FF00::/8	Adresses multicast

# Internet Protocol version 6

- Adresse unicast unique et Internet :
  - Attention 2::/4 est réservée
  - 2001::/8 + 16bits code région

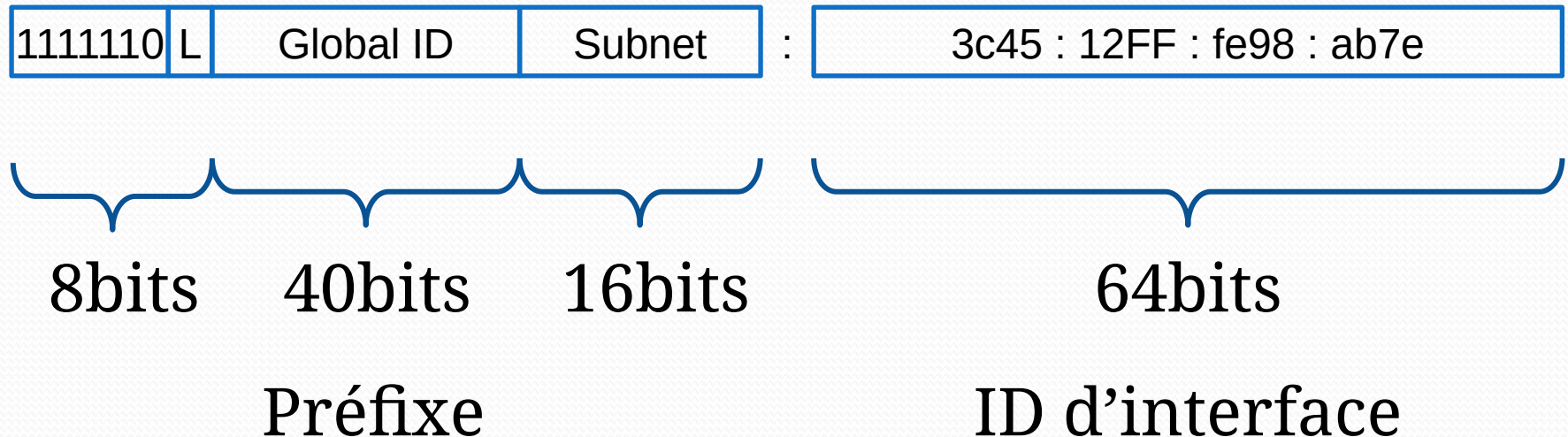
exemple:



# Internet Protocol version 6

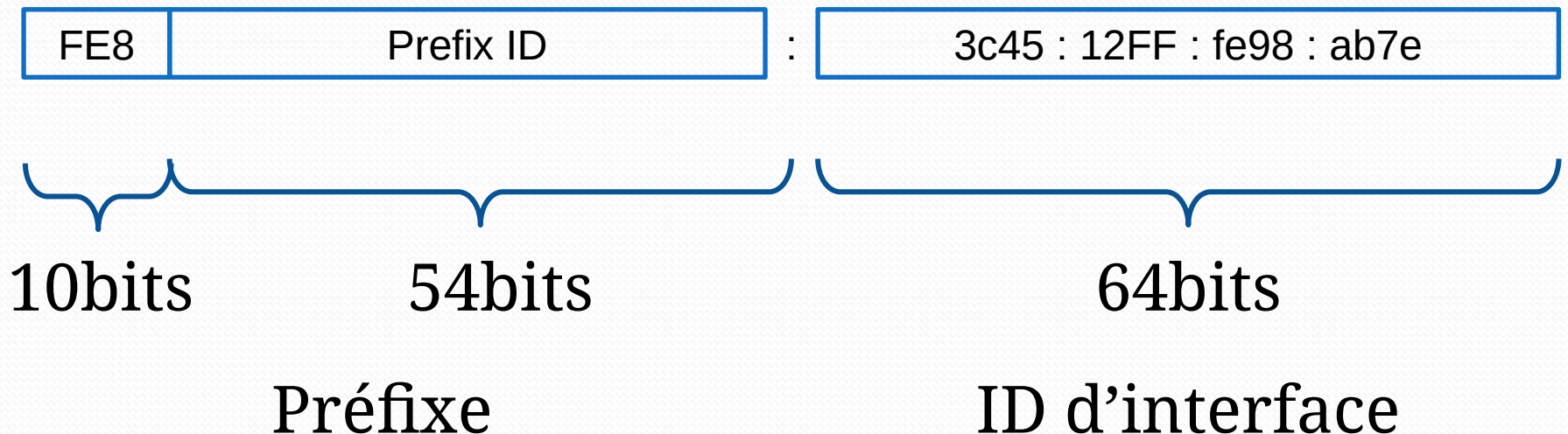
- Adresse locale unique : FC::/7
  - Attention FC::/8 est réservée
  - FD::/8 (bit Local=1)

exemple:



# Internet Protocol version 6

- Adresse unicast locale:  
Produite automatiquement et indispensable  
exemple:



# Internet Protocol version 6

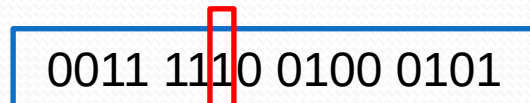
EUI-64:

Intégration de l'adresse MAC dans l'ID

Adresse MAC



ID d'interface



0 Inversion du bit 7

# Internet Protocol version 6

- Adresse unicast globale:

2001 : 3DB6 : 0000 : FEB3 : 0000 : 0000 : D4B5 : 3FD9



ID de sous réseau

Préfixe

ID d'interface

# Multicast en IPv6

- Pas de Broadcast
- Remplacé par Multicast
- Adresses réservées:
  - FF00 :: /8
- Codage des adresses multicast:

	Flags (4bits)	Scope (4bits)	Prefix (8bits)
0xFF	XRPT	XXXX	XX X

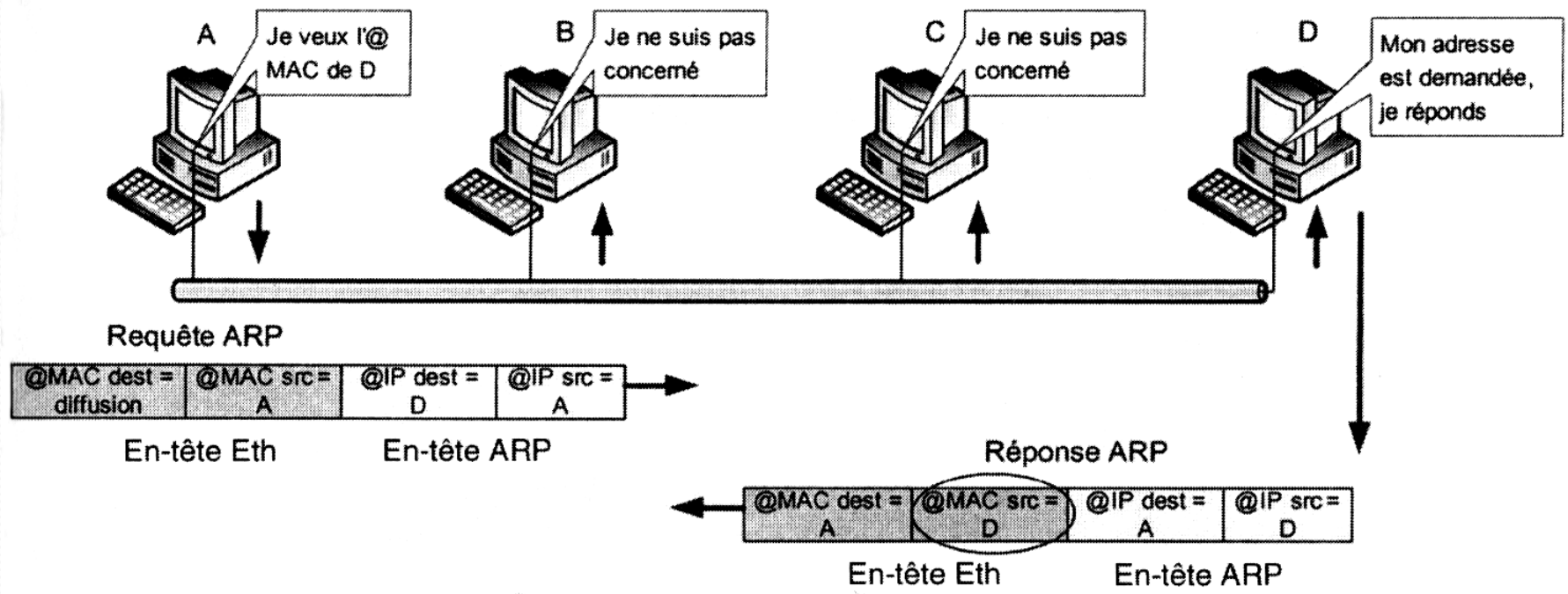
# Multicast en IPv6

- Bits Flags:
  - T: indique si adresse standard '0' ou pas '1'
- si Flags = '0000' alors Multicast:

Scope	Adresse / Préfixe	Description
1	FF01::/16	Multicast local à l'hôte
2	FF02::1/64	Tous les hôtes sur un segment
2	FF02::2/64	Tous les routeurs sur un segment
2	FF02::1:FF00/104	Nœuds sollicités par NDP (ARP)
5	FF05::1/64	Tous les hôtes d'un site
8	FF08	Adresse locale à une organisation
7	FF0E	Adresse globale

# Protocole ARP

- Address Resolution Protocol
- Permet de faire la correspondance
  - Adresse logique (IP)  $\equiv$  Adresse physique (MAC)



# Protocole ARP

- Entête ARP est composée de 28 octets
- Informations ARP :
  - Type physique et logique
  - Taille physique et logique
  - Adresse source physique et logique
  - Adresse destinataire physique et logique

Type @ phy.	Type @ log.	Taille @ phy.	Taille @ log.	Code ARP	@ phy. source	@ log. source	@ phy. cible	@ log. cible
2 octets	2	1	1	2	(6)	(4)	(6)	(4)

# Requêtes ARP gratuites

- Emise par un nouvel arrivant sur le réseau
- Permet de vérifier l'unicité de son adresse IP
- Aucune réponse attendue
- Les récepteurs prennent connaissance de l'adresse du nouvel arrivant
- De nombreuses requêtes d'ARP gratuit peuvent indiquer un problème réseau  
(problème de connexion ou câble défectueux)

# Protocole ICMP

- Internet Control Message Protocol
- Utilisé pour gérer les info contrôlant le trafic IP
- Permet aux routeurs d'envoyer des messages de contrôle ou d'erreur à des ordinateurs ou routeurs
- Fonctions
  - Contrôle de flux
  - Détection d'inaccessibilité
  - Redirection des voies
  - Détection d'expiration de paquet
  - Détection de paramètre incorrect

# Format du paquet ICMP

Bits 31-24	Bits 23-16	Bits 15-8	Bits 7-0
Longueur totale		Type de service	Version / IHL
Flags et offset (fragmentation)		Id (fragmentation)	
Check Sum de l'entête		Protocole	Durée de vie (TTL)
Adresse IP source			
Adresse IP destination			
Check sum		Code	Type de message
Bourrage éventuel			
Données (optionnel et de longueur variable)			

# Type de messages ICMP

- Type 8 et 0 – demande et réponse écho
- Type 3 – machine inaccessible (code de 0 à 15...)
- Type 4 – extinction de la source
- Type 5 – redirection
- Type 11 – Temps dépassé
- Type 12 – Entête erronée
- Type 13 & 14 – demande et réponse d'heure
- Type 15 & 16 – demande et réponse d'adresse IP
- Type 17 & 18 – demande et réponse de masque de sous-réseau

# Protocole DHCP

- Dynamic Host Configuration Protocol
- Protocole niveau 7 applicatif
  - Utilise UDP (serveur port : 67 / client port: 68)
- Permet la configuration dynamique d'hôte localement
- Avantages :
  - Gestion centralisée des adresses IP
  - Pas de configuration manuelle des clients
  - Nombre d'adresses IP dispo > nb de machines du réseau

# Protocole DHCP

- Serveur DHCP configuré dans le réseau
- Possède une table d'adresses IP valides localement
- Attribue dynamiquement une adresse disponible à une machine nouvellement connectée au réseau local
- Le serveur DHCP contient les infos suivantes :
  - Une table d'adresse IP valides
  - Une table d'adresse IP réservées (statiques)
  - Des paramètres de configuration des clients
  - La durée des baux

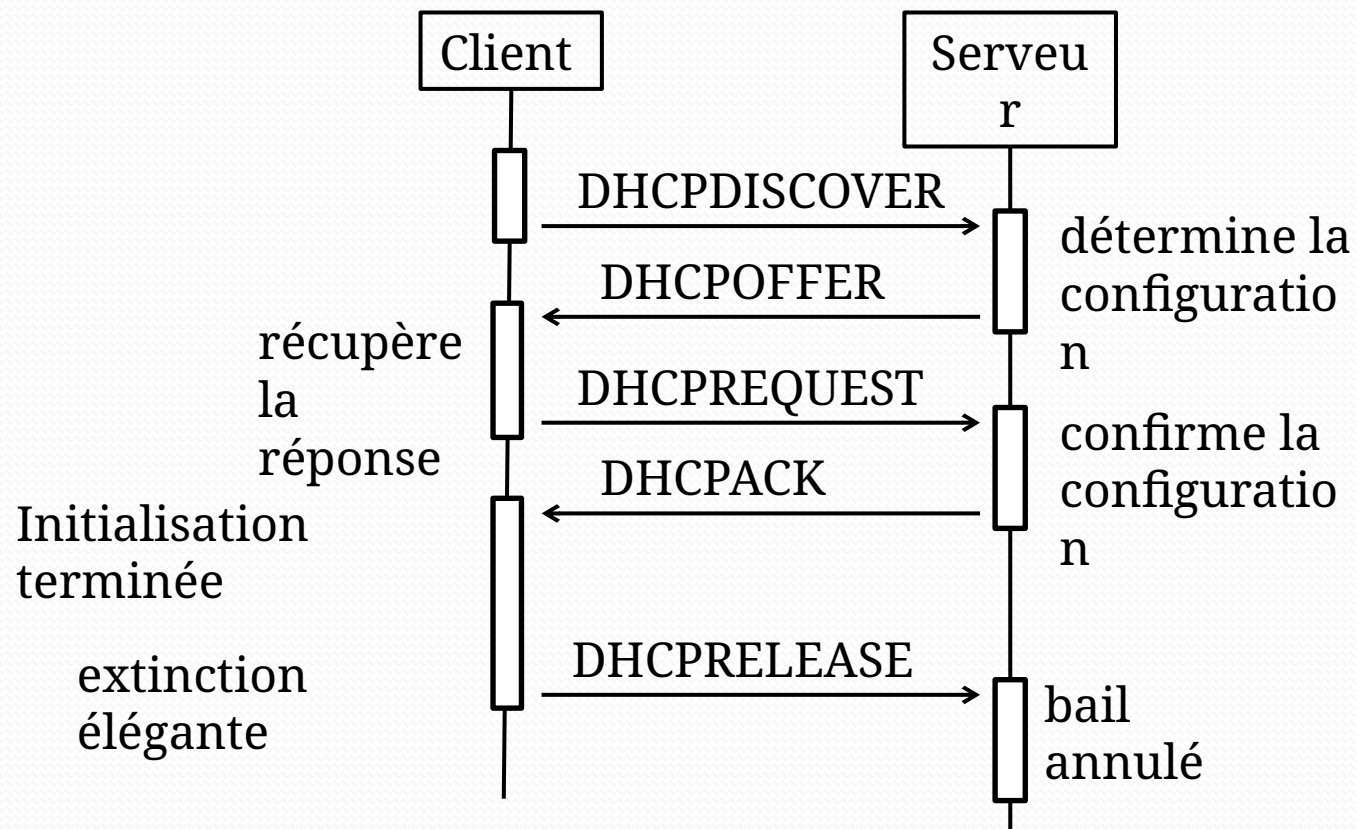
# Types de requêtes DHCP

sens	nom	description
C → S	DHCPDISCOVER	localiser les serveur DHCP demander une configuration
S → C	DHCPOFFER	réponse du serveur à DHCPDISCOVER contient la configuration
C → S	DHCPREQUEST	requête (par ex. prolonger le bail)
C → S	DHCPDECLINE	Adresse déjà utilisée
S → C	DHCPACK	contient la configuration client dont l'IP
S → C	DHCPNACK	bail échu ou mauvaise configuration du client
C → S	DHCPRELEASE	libération de l'IP
C → S	DHCPFORM	Demande de paramètres locaux (IP déjà connue)

# Format du paquet DHCP

Bits 31-24	Bits 23-16	Bits 15-8	Bits 7-0
opération hard	longueur adresse	type de hard	opération
Id client (valeur aléatoire)			
drapeaux divers		temps écoulé depuis la demande	
adresse IP client			
nouvelle adresse IP client			
prochaine adresse IP du serveur DHCP			
adresse IP du relais (si connexion direct impossible)			
adresse hardware client (16 octets)			
nom du serveur DHCP (optionnel 64 octets)			
nom du fichier pour le boot (128 octets) / options (variable)			

# Dialogue DHCP

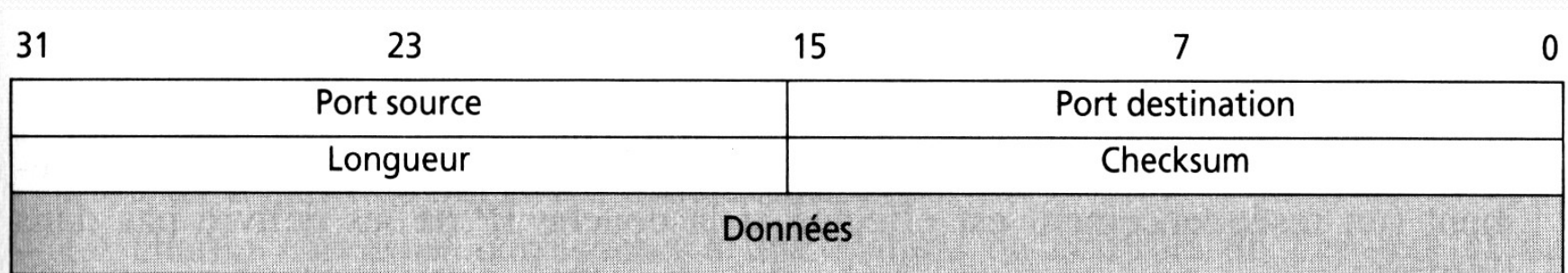


# Protocole UDP

- User Datagram Protocol
- Permet d'envoyer des données
- Minimum de fonctionnalités
  - Pas de garantie d'arrivée
  - Pas de contrôle de séquençement
- Un numéro de port par application
- Utilisé par beaucoup de protocoles
  - DHCP, DNS, SNMP, NTP, ...

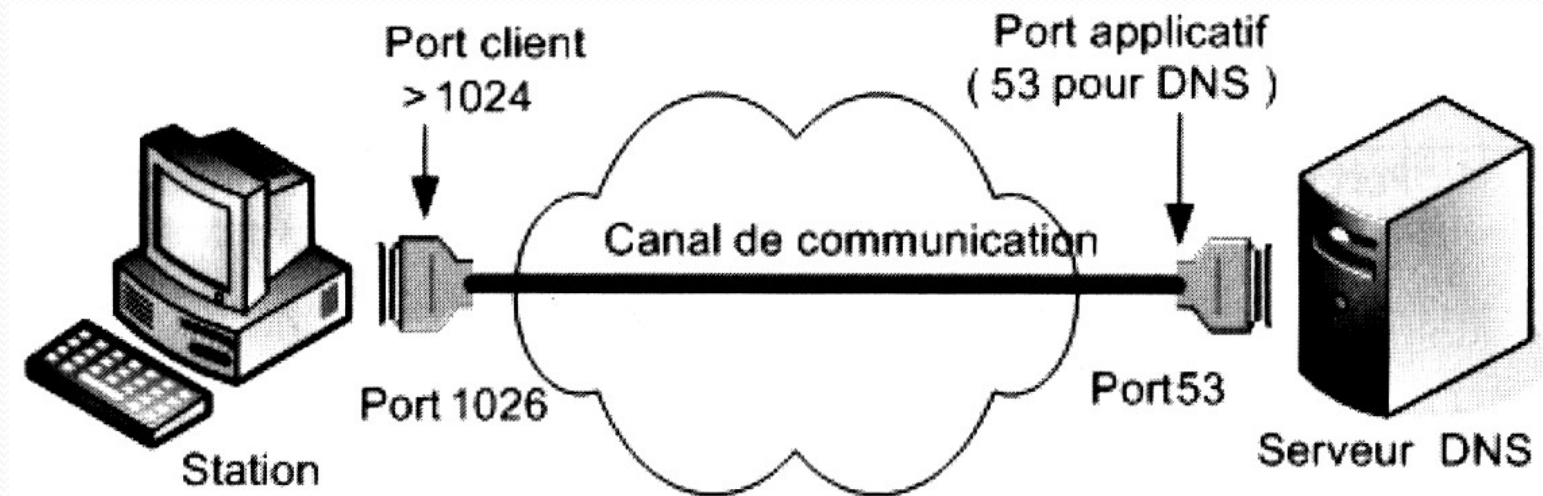
# Trame UDP

- Contenue dans un paquet IP
  - Champ protocole = 17
- Contient:
  - Port source et destination
  - Longueur totale (données + entête)
  - Somme de contrôle (sinon 0)



# Ports de communication

- Référence une communication entre applications
  - Permet de distinguer les différents interlocuteurs
- Le serveur écoute sur un port personnel
- Le client accède au serveur par le port d'écoute
- Le client utilise un port source



# Port de communication

- Valeur codée sur 16 bits
  - De 0 à 65535
- De 0 à 1023 réservés à des services spécifiques
- Exemples de ports:
  - 0 : réservé
  - 20 et 21: données et contrôle FTP
  - 22: login à distance SSH
  - 23: Telnet
  - 53: DNS
  - 68: DHCP
  - 80: World Wild Web, HTTP
  - 110: POP3
  - 443: World Wild Web, HTTPS

# Port de communication

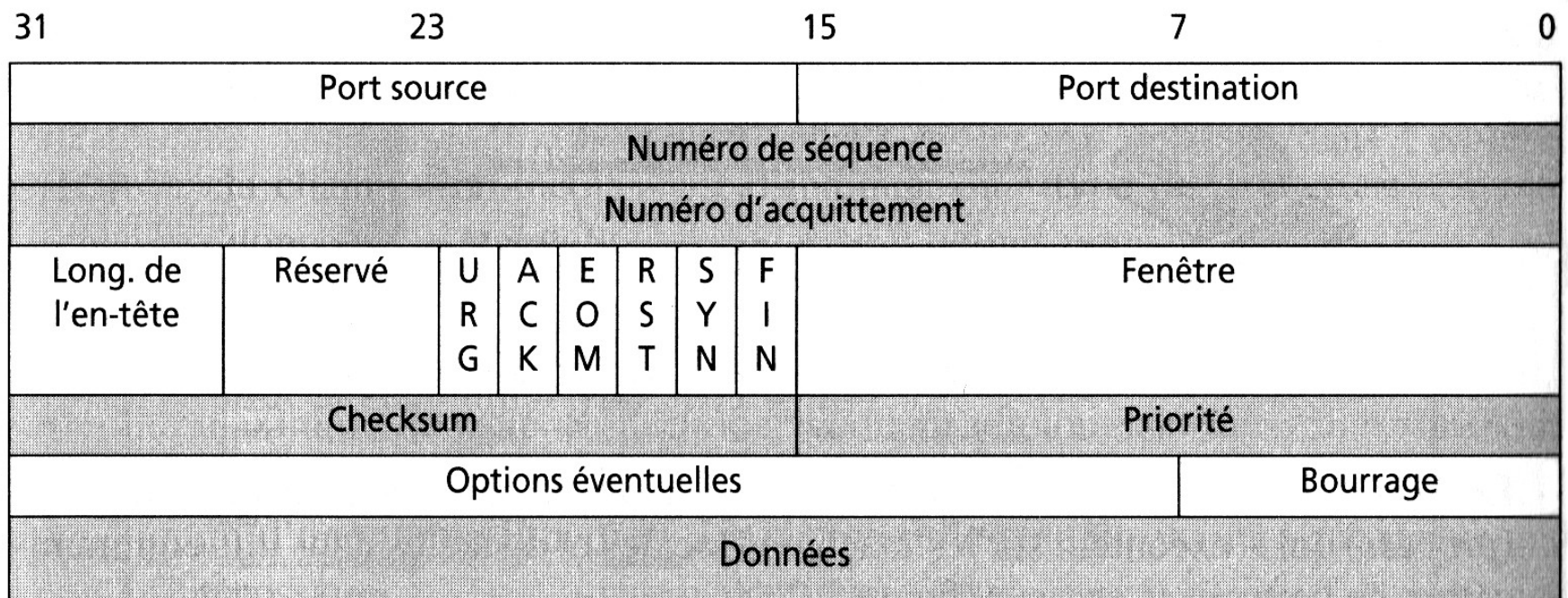
- Exemples de ports non spécifiques:
  - 1433: serveur base de données MS SQL
  - 1521: serveur base de données Oracle Database
  - 1723: PPP VPN
  - 1863: MSN Messenger
  - 3306: serveur base de données MySQL
  - 3389: prise de contrôle à distance RDP
  - 5432: base de données PostgreSQL
  - 6667: connexion aux serveur IRC
  - 8080: alternative HTTP
  - 8443: alternative HTTPS
- Détails: [www.frameip.com/liste-des-ports-tcp-udp](http://www.frameip.com/liste-des-ports-tcp-udp)

# Protocole TCP

- Transmission Control Protocol
- Fonctionnalités de communication avec connexion
  - Ouverture et fermeture de connexion virtuelle
  - Segmentation et réassemblage des données
  - Acquiesement des datagrammes et retransmission en cas d'absence d'acquiesement
  - Contrôle de flux
  - Multiplexage des données des plusieurs hôtes
  - Gestion des priorités des données et de sécurité

# Trame TCP

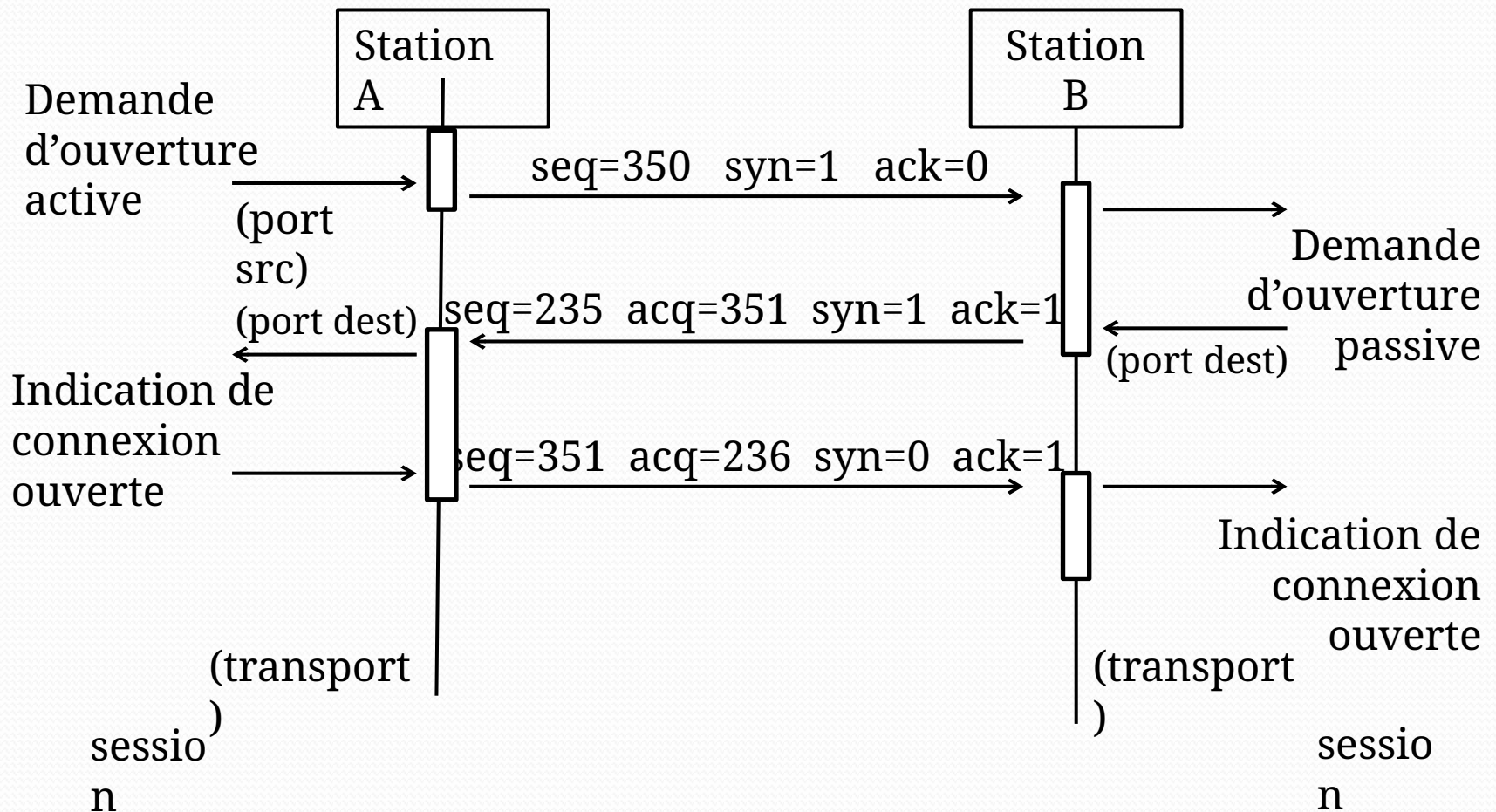
- Contenue dans un paquet IP
  - Champ protocole = 6



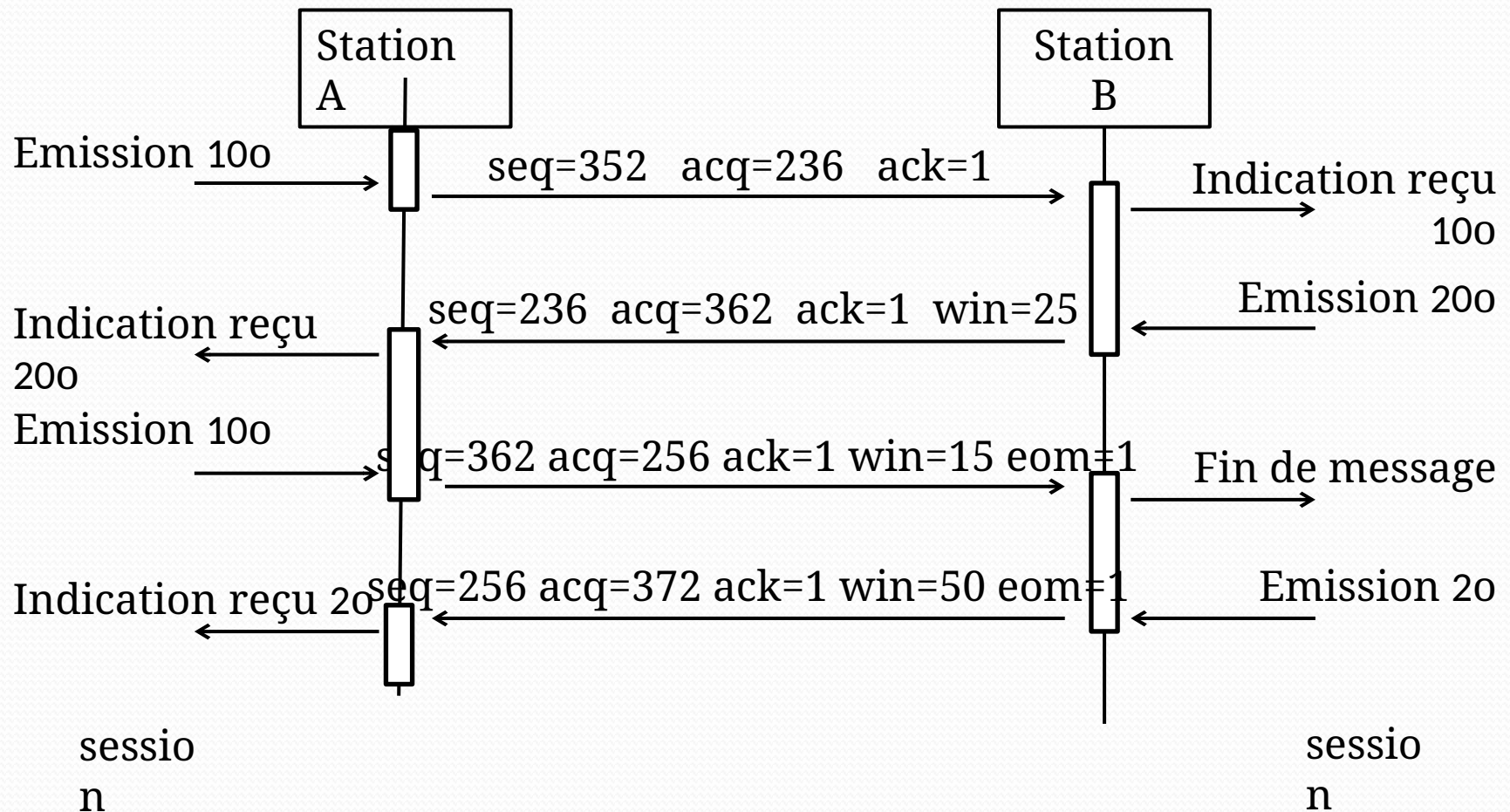
# Trame TCP

- Port source et destination
- Num. séquence: num. premier octet de la séquence
- Num. d'acquittement: num. séquence suivante
- Long. entête (4bits): nb de mot (32bits) de l'entête
  - URG: si le champ des priorités utilisé
  - ACK: si le champ d'acquittement significatif
  - EOM: fin des messages
  - RST: réinitialisation de connexion
  - SYN: ouverture de connexion (synchro des num. séq.)
  - FIN: fin de connexion
- Fenêtre: nb d'octets que le récepteur peut accepter
- Checksum: somme de contrôle
- Priorité: pointeur sur les données importantes

# Dialogue TCP (connexion)



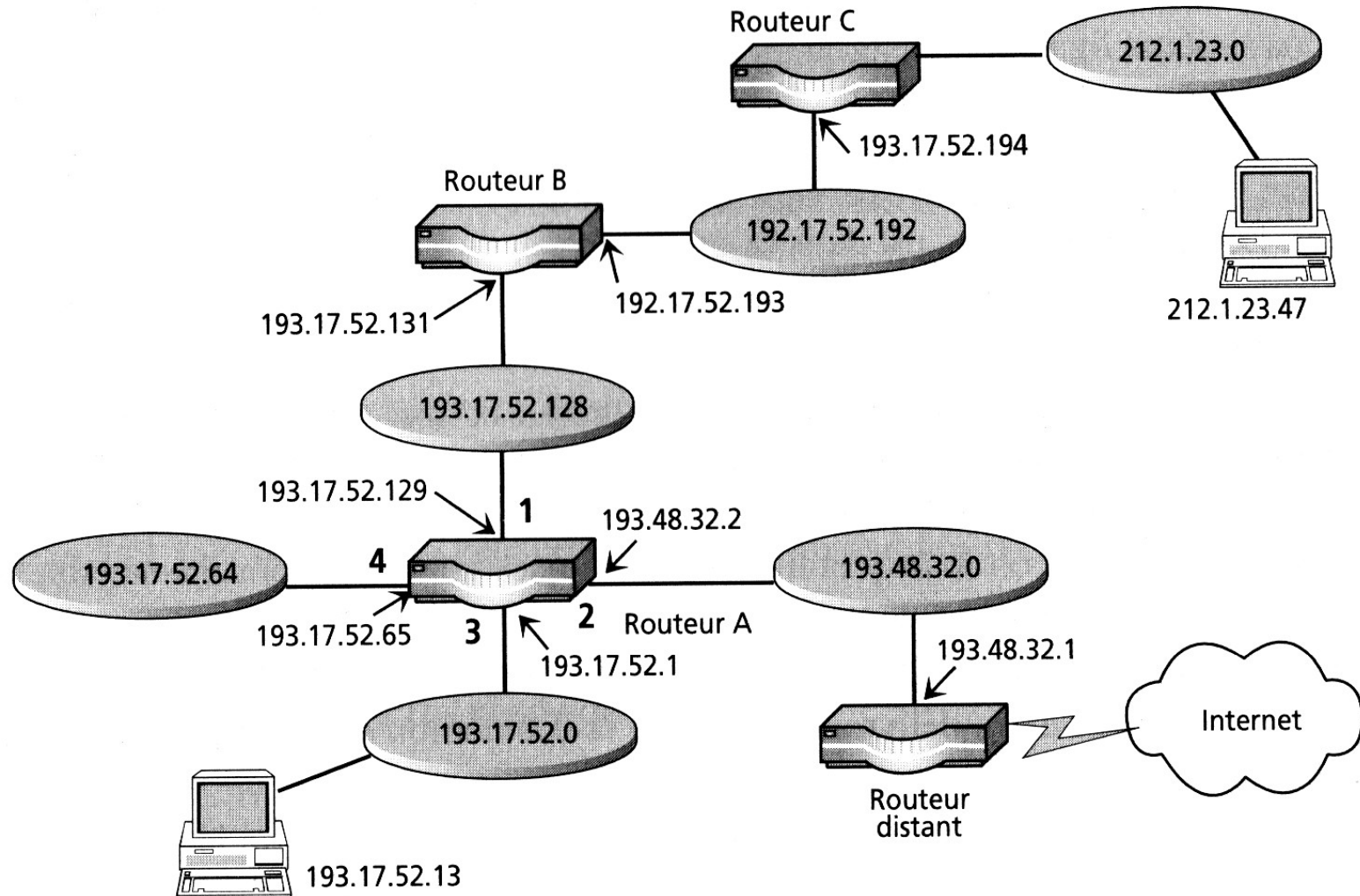
# Dialogue TCP (transfert)



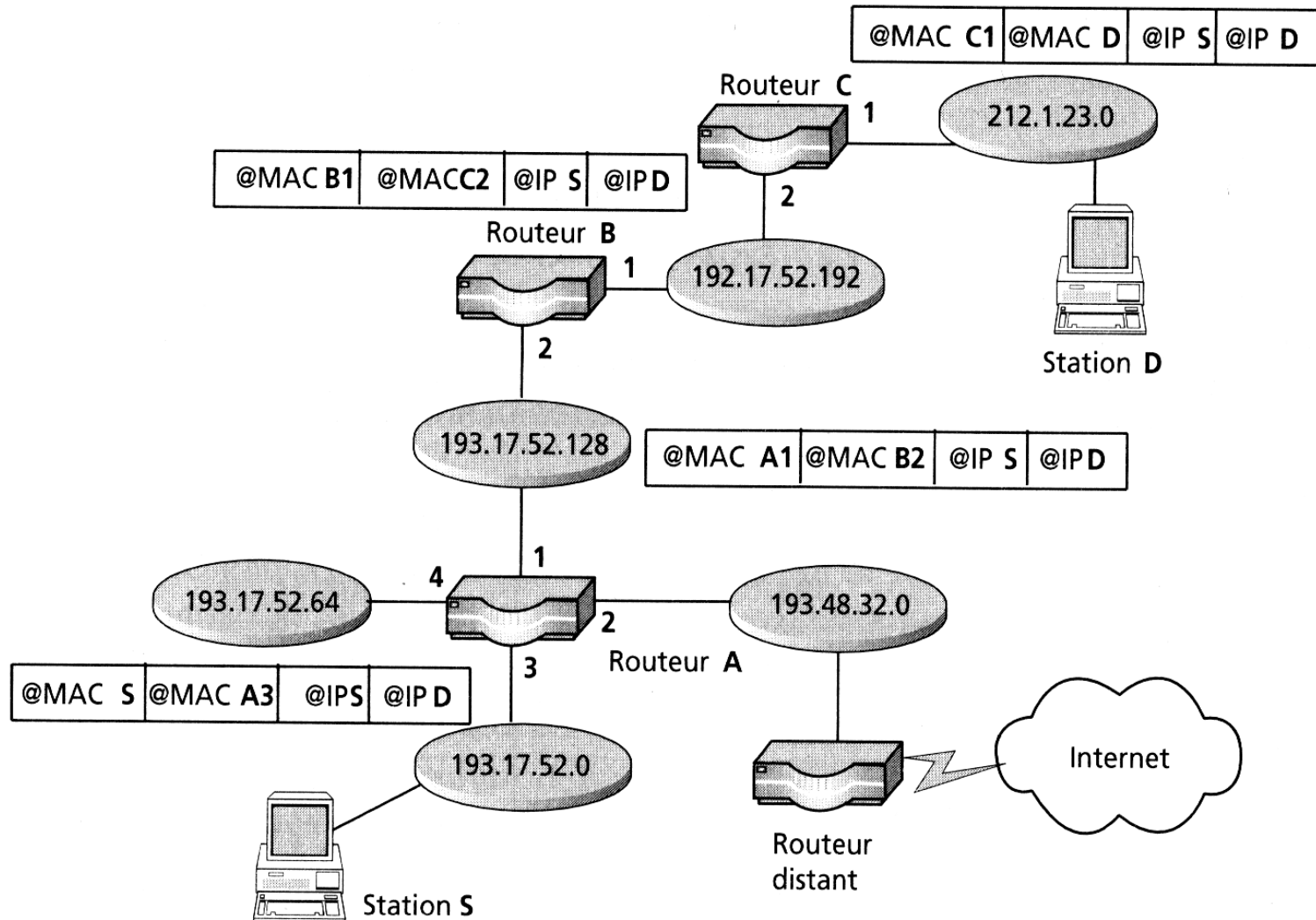
# Routage

- Trouver le chemin du destinataire à partir de l'IP
- Si pas de destinataire dans le sous réseau
  - $\rightarrow$  envoi vers un routeur par défaut
- L'adresse du routeur est en général dans les premières adresses du sous réseau
  - Ex: 193.17.52.128  $\rightarrow$  192.17.52.129

# Routage exemple



# Portée des adresses



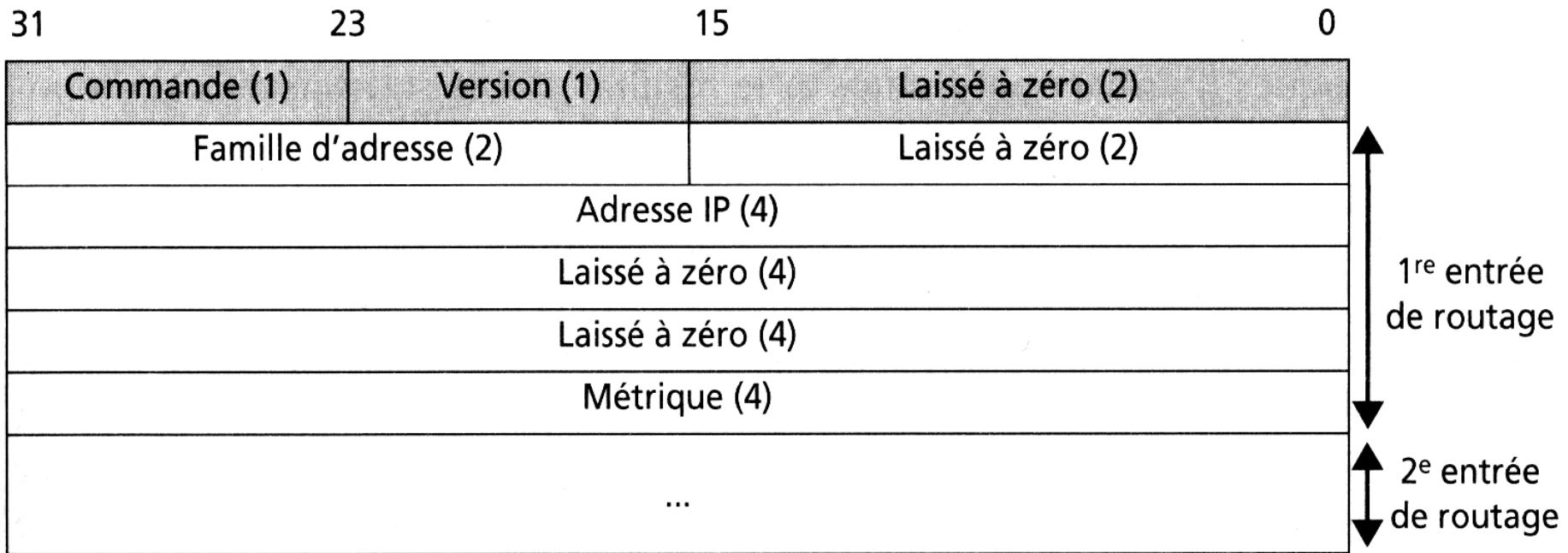
# Protocoles de routage

- Statique: table de routage établie une fois pour toutes
- Dynamique: table de routage mise à jour continuellement par des protocoles dédiés
- Algorithmes:
  - À vecteur de distance: permet à chaque routeur de mémoriser la plus courte distance (RIP)
  - À état de lien: transmission de la carte complète des liens possibles. Calcul local de la meilleure route (OSPF)

# Protocole RIP

- Routing Information Protocol
- Protocole à vecteur de distance
  - Le routeur diffuse les routes connus à ces voisins toutes les 30 secondes en UDP
    - Rappel de routage  $> 3\text{min}$   $\Rightarrow$  route infinie (=16)
  - Route: adresse destination, routeur et nb de sauts

# Trame RIP



- Métrique: valeur de 1 à 15 (16= infini)
- Jusqu'à 25 entrées de routage (5120 max)

# Séquences RIP

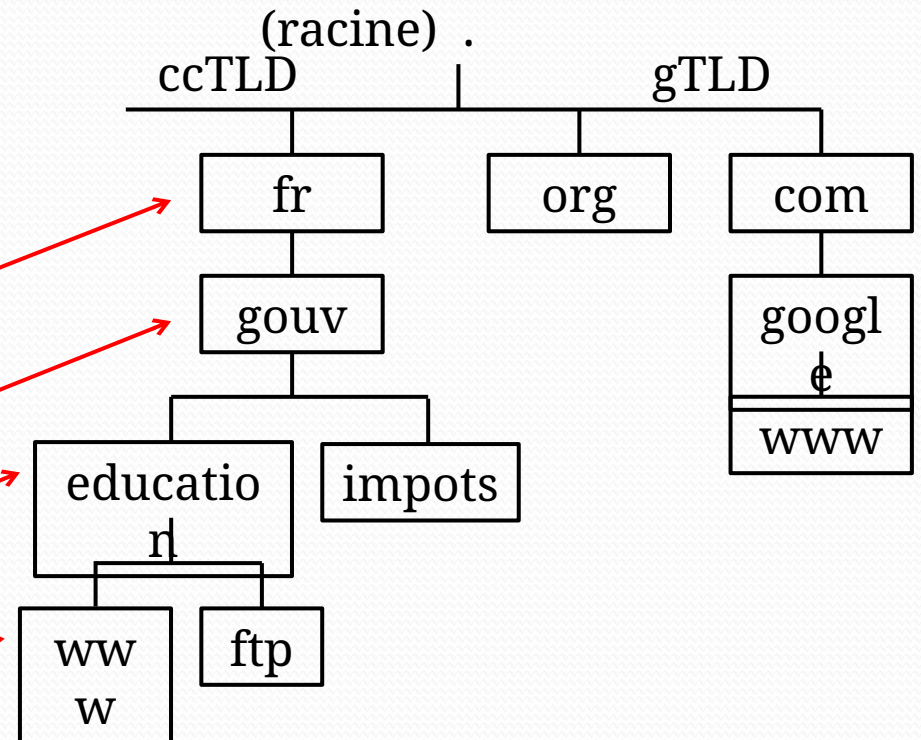
- Initialisation
  - Demande des tables aux autres routeurs
  - Famille d'adresse=0 et métrique=16
- Requête reçue
  - Réponse à l'initialisation avec la table de routage
- Réponse reçue
  - Le routeur met à jours sa table de routage
- Mises à jour périodiques
  - Toutes les 30s la table est envoyée aux autres routeurs
- Mises à jour déclenchées
  - Lorsque la métrique d'une route est modifiée les entrées concernées sont transmises aux routeurs voisins

# Service DNS

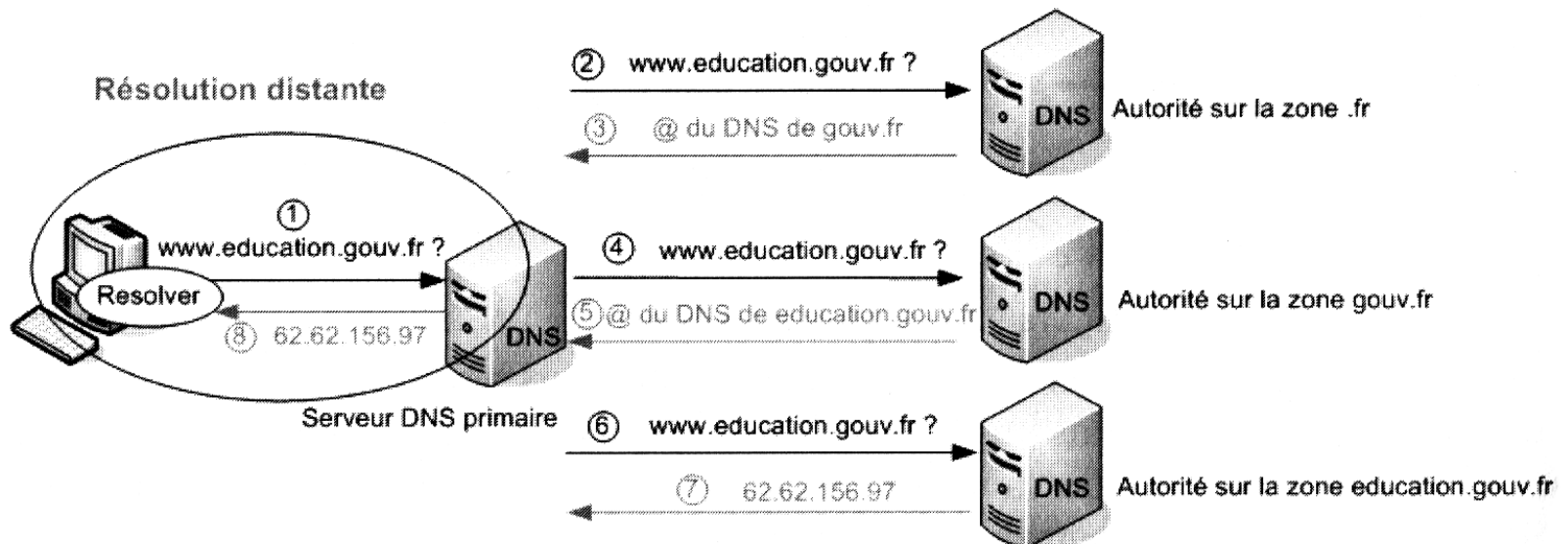
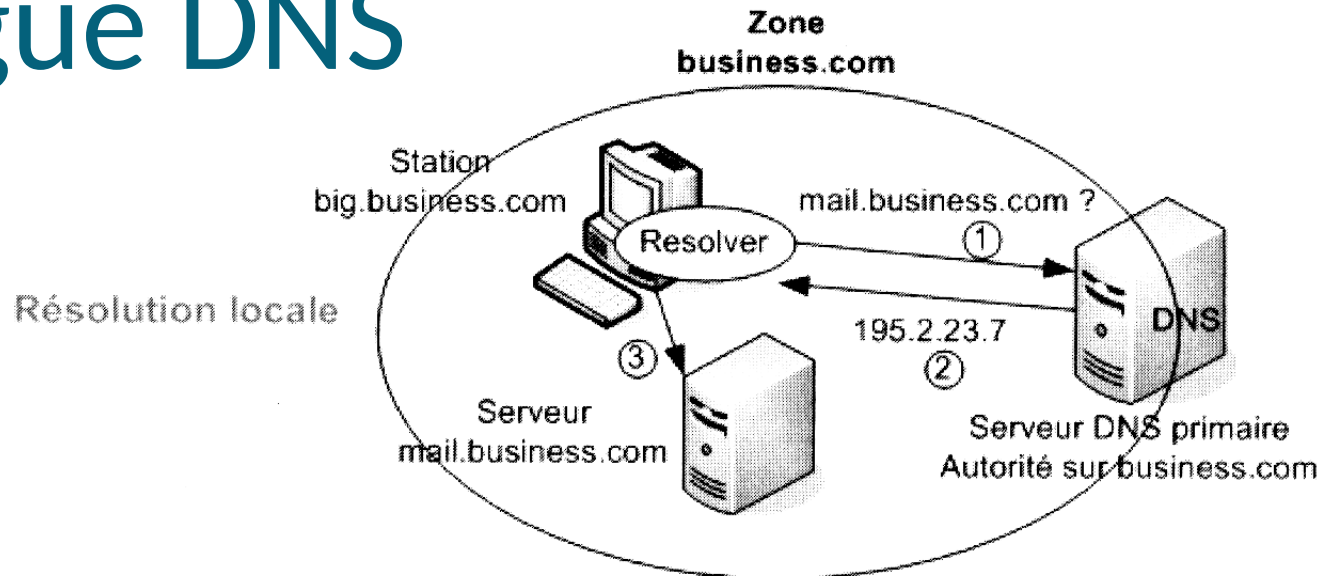
- Domain Name System
- Permet d'utiliser des noms symboliques à la place des adresses IP
  - Résolution de l'adresse URL
- ICANN: autorité de nommage de l'Internet
  - Internet Corporation for Assigned Names and Numbers
- Chaque zone à son responsable
- AFNIC: autorité française
  - Association Française pour le Nommage Internet en Coopération

# Service DNS

- Nommage hiérarchique
- Serveurs racines
- global Top Level Domain
- country TLD
- Domaines racines
- Domaines 2<sup>ème</sup> niveau
- Domaines 3<sup>ème</sup> niveau
- Sous-domaine ou nom de l'hôte



# Dialogue DNS



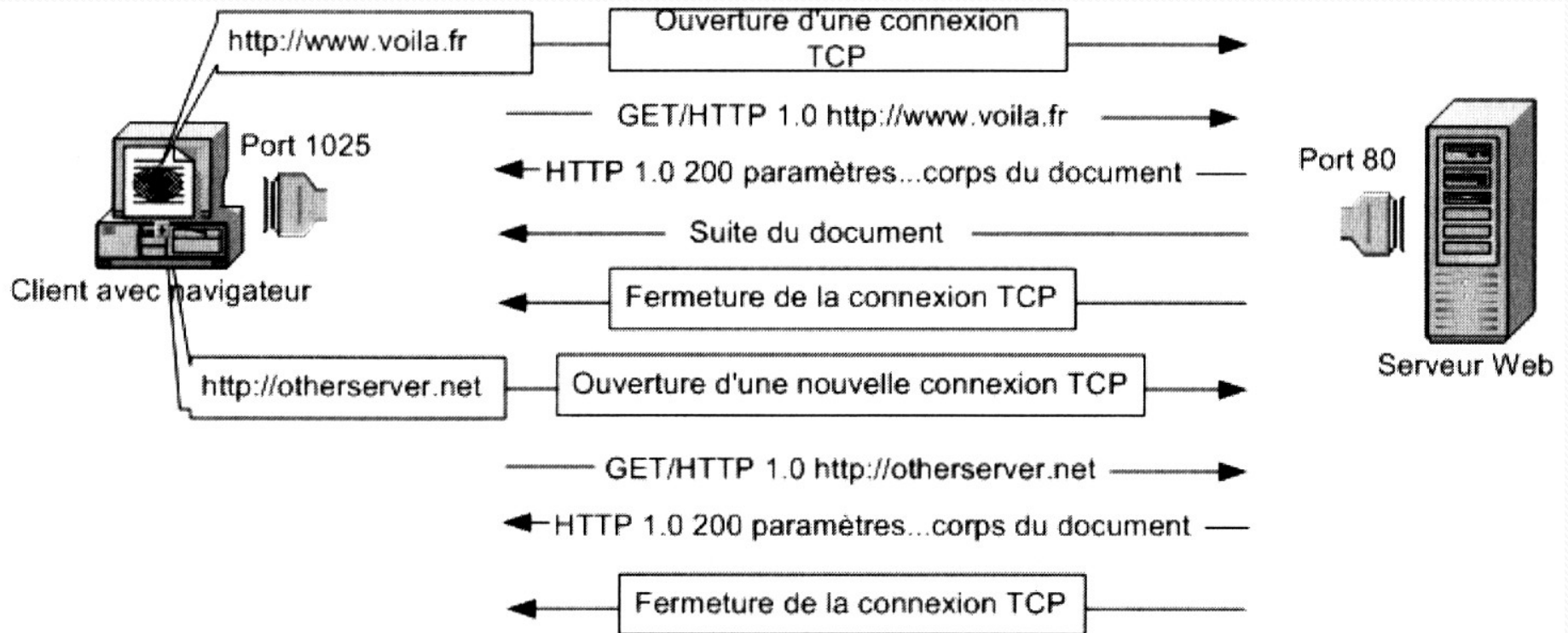
# Protocole HTTP

- HyperText Transmission Protocol
- Communication entre client et serveur WEB
- Liens hypertextes
  - URL (Uniform Resource Locators)
  - Fichier, image, son, ...
  - Serveur WEB, FTP, mail, news, ...
- Exe:
  - `http://www.dorian.fr`
  - `ftp://ftp.dorian.fr`
  - `file:///c:/temp/toto.txt`
  - `mailto:n.llaser@wanadoo.fr`

# Protocole HTTP

- TCP port 80
- Port non standard dans l'URL:
  - `http://www.dorian.fr:8080`
- Contenu dynamique
  - Côté client:
    - Applets Java, Javascript, Flash, ActiveX, ...
  - Côté serveur:
    - PHP, ASP, ...

# Dialogue HTTP



# Dialogue HTTP

- Information au format texte
- Demande client:
  - GET / HTTP/1.0
- Réponse serveur:
  - HTTP/1.1 200 OK
  - Entête de réponse
  - Saut de ligne
  - Données...

# Requêtes HTTP

- GET
  - Demande de ressource (sans modification)
- HEAD
  - Demande d'informations
- POST
  - Demande avec modification de la ressource
- OPTIONS
  - Demande d'option du serveur HTTP

# Requêtes HTTP

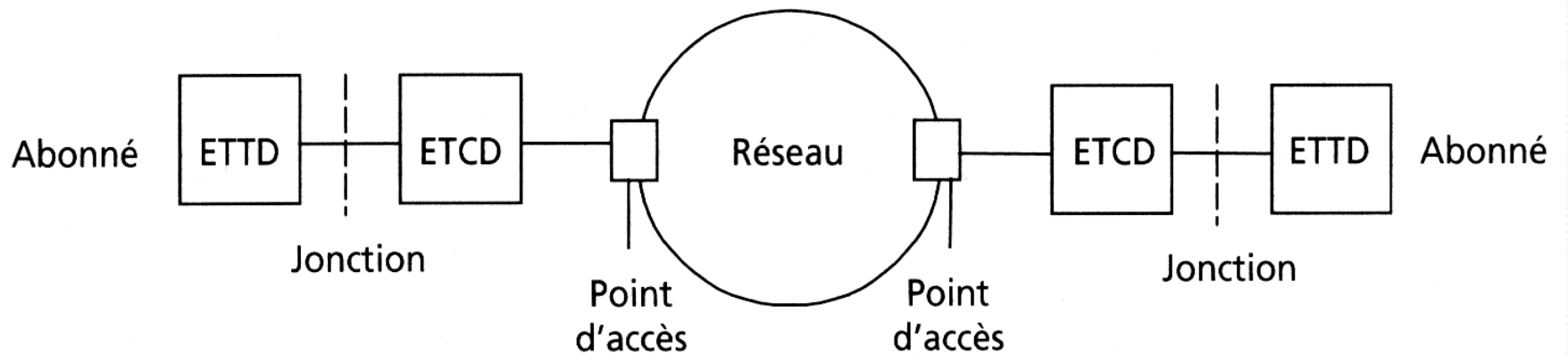
- CONNECT
  - connecte un proxy
- TRACE
  - Demande un écho de la requête
- PUT
  - Ajoute une ressource sur le serveur
- DELETE
  - Efface une ressource sur le serveur

# Requêtes HTTPS

- HyperText Transfer Protocol Secure
- HTTP + chiffrement TLS
- Liste de certificats (à jour!)
- Autorité tierce fiable
- Certificat de surveillance

# Réseau d'opérateur

- Réseaux commutés non spécialisés
  - ex: réseau téléphonique
- Réseaux commutés spécialisés
  - ex: réseau Transpac ou X25 et maintenant ATM

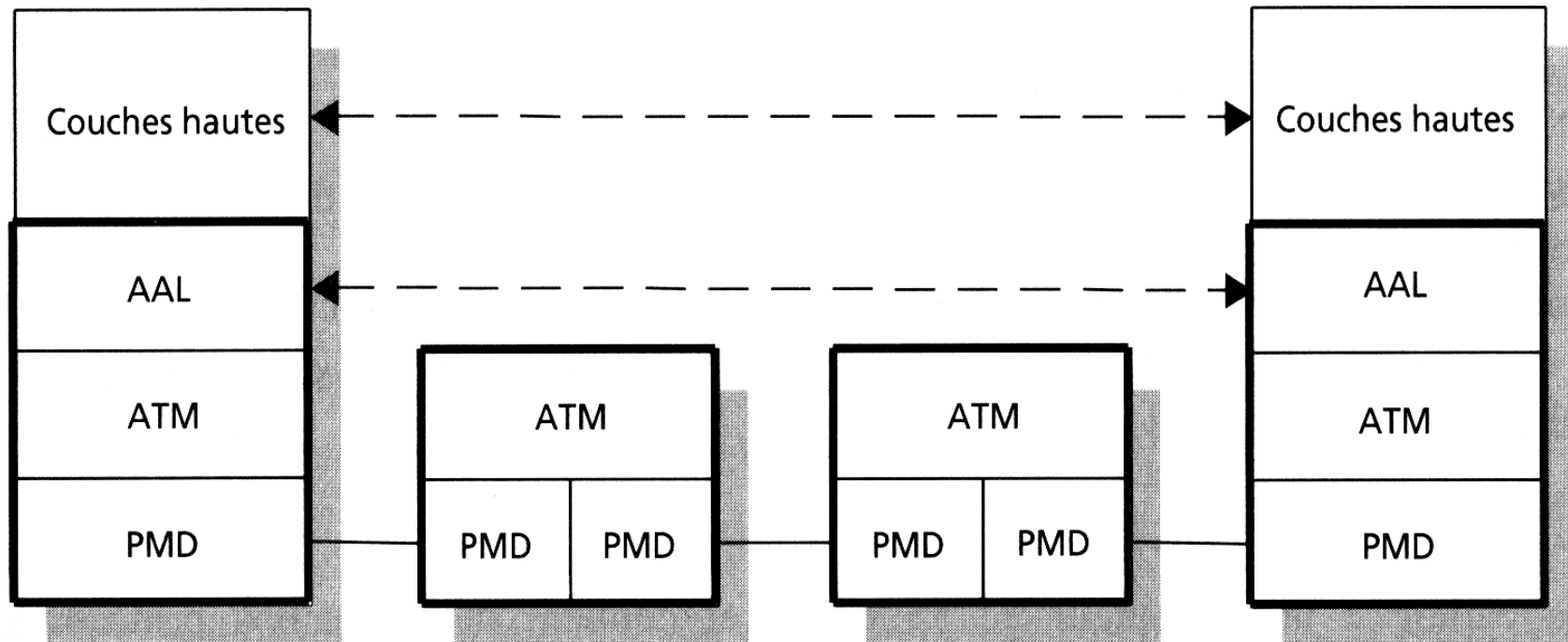


# Réseau ATM

- Asynchronous Transfer Mode
- Commutation de cellules
- Cellule de taille courte et fixe (53o)
  - Commutateurs simples et performants
  - Adaptation à divers trafics (gigue réduite)
  - Débit minimum garanti (QoS)
- Commutation indépendante de la nature des données (son, image, vidéo, fichier,...)

# Architecture ATM

- ATM Adaptation Layer
- ATM
- Physical Medium Dependent



# Architecture ATM

- AAL: Adapte les données entre la couche applicative et les cellules ATM et assure la QoS
- ATM: assure la commutation et le multiplexage des cellules
  - Indépendant de la couche physique
- PDM: assure l'adaptation au support utilisé
  - Adaptation du débit
  - Protection des données
  - Codage suivant le débit