

# **C1 Introduction : Réseaux Locaux et Interconnexion de LANs**

## **INI2– Fondement de l'Internet**

---

Sondes Kallel Khemiri

PRISM/HPC-NETS

[sondes.kallel@prism.uvsq.fr](mailto:sondes.kallel@prism.uvsq.fr)



# Organisation générale

---

- 11 séances de cours (10 cours + 1 CC)
- 10 séances de travaux dirigés (9 TDs + 1 CC)
- 2 CCs
  - Théorique
  - Pratique

# Organisation cours

---

- 11 séances de cours (10 cours + 1 CC)
  - 11 séances de 1h30 heures
  - Partie I : **Commutation**
    - C1: Introduction :Réseaux Locaux et Interconnexion des LANs
    - C2: Réseaux Locaux et les méthodes d'accès (CSMA/CD)
    - C3 : Réseaux Locaux et les méthodes d'accès (Token ring)
    - C4: Les VLANs
    - C5: VTP/STP
  - CC théorique
  - Partie II : **Routage**
    - C1 : Introduction
    - C2 : Algorithmes de routage et protocoles de routage
    - C3 : RIP
    - C4 : OSPF
    - C5 : EIGRP / BGP

# Organisation TD

---

- 10 séances de travaux dirigés (9 TDs + 1 CC)
  - 9 séances de TDs/TPs de 3 heures
    - Salles réseaux : découverte et configuration de matériels Cisco
  - Partie I : commutation
  - TD1 : Packet Tracer: configuration de base d'un commutateur sur Packet Tracer
  - TD2 : les LANs et les méthodes d'accès
  - TD3 : Packet Tracer: configuration avancée de réseaux locaux virtuels
  - TD4 : Packet Tracer: configuration et gestion des réseaux locaux VTP, STP
  - TD5 : configuration de base d'un périphérique Cisco (routeur + commutateur)
  - Partie II : Routage
  - TD6 : Interconnexion de réseaux : Routage Statique sur Matériel CISCO
  - TD7 : DHCP/NAT
  - TD8 : Protocole de routage : Routage Dynamique RIP sur CISCO
  - TD9 : Routage Dynamique OSPF sur CISCO
  - Séance 10 : CC pratique

# Objectifs pédagogiques de la première partie

---

- Acquérir une culture générale sur l'architecture des réseaux et une bonne connaissance des réseaux LAN
  - Architectures et topologies des réseaux
  - Les réseaux locaux LAN: techniques d'accès CSMA/CD, Token ring, Ethernet, VLAN
  - Interconnexion des réseaux Locaux
- Consolidation avec des travaux pratiques
  - Packet tracer : un simulateur de matériel réseau Cisco (routeurs, commutateurs)
  - Salles réseaux : découverte et configuration de matériels Cisco
    - <http://e-campus2.uvsq.fr> : vérifier votre accès (login + mdp)

# Références

---

- ❑ Analyse structurée des réseaux, 2<sup>ème</sup> édition, James Kurose et Keith Ross, Traduction par Stéphane Pauquet, Pearson Education France 2003
- ❑ Andrew Tanenbaum, «*Réseaux* » Dunod 2002
- ❑ Guy Pujolle, «*Les Réseaux* », Eyrolles, ed. 2005
- ❑ Khaldoun Alagha & Guy Pujolle & Guillaume Vivier, «*Réseaux sans fil et mobiles* », octobre 2001
- ❑ Claude Servin, «*Réseaux et télécoms* », Dunod 2003
- ❑ L. Toutain «*Réseaux Locaux et Internet* »
- ❑ Le web
- ❑ ...

# Partie I : Commutation

## C1- Introduction : Réseaux Locaux et Interconnexion des LANs

---

Sondes Kallel Khemiri

PRISM/ASR

[Sondes.Kallel@prism.fr](mailto:Sondes.Kallel@prism.fr)



# Plan

---

- Généralités
  - Classification
  - Topologie
  - Le modèle de référence
  - Mise en relation
- Les réseaux locaux
  - Définition
- Interconnexion LAN
  - Commutation



# Généralités

---

- Classification
- Topologie
- Le modèle de référence
- Mise en relation



# Bibliographie

---

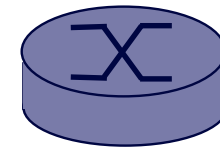
- ❑ TCP/IP architecture protocoles applications, Douglas Comer
- ❑ Computer Networking A top-Down Approach Featuring the Internet, James Kurose et Keith Ross, second Edition
- ❑ Réseaux et Télécoms, Claude Servin. Dunod

# Définition


**Déf.** Un réseau est un ensemble de matériels et de logiciels dispersés destinés à assurer le transport de données.

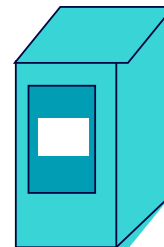


mobile

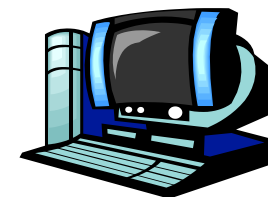


routeur/switch

**Matériels:** 



Server



workstation

**Logiciels:** Protocoles

- la délimitation des blocs de données échangés
- le contrôle et organisation de l'échange



# Introduction : Généralités

---

## □ Définitions

- Réseau d'ordinateurs : *Ensemble de terminaux et d'ordinateurs interconnectés par des télécommunications généralement permanentes*
- Transmission : *Action de transmettre quelque chose à quelqu'un.*
- Protocole : *Ensemble de règles définissant le mode de communication entre deux entités.*



# Introduction : Généralités

---

## □ Objectifs des réseaux

- Partage des ressources : *Rendre accessible à chacun les données, les programmes et équipements indépendamment de leur situation physique par rapport à l'utilisateur.*
- Augmenter la fiabilité: *Permettre des copies d'un même fichier sur plusieurs machines augmente la fiabilité face aux pannes d'une machine.*
- Réduction des coûts : *Plusieurs petits ordinateurs revient moins cher que de gros serveurs à performance égale.*
- Médium de communications : *Des personnes éloignées géographiquement peuvent travailler ensemble plus facilement.*
- Travail coopératif



# Structure des réseaux

---

## □ Terminologie

- Système-terminal, hôte ou noeud du réseau

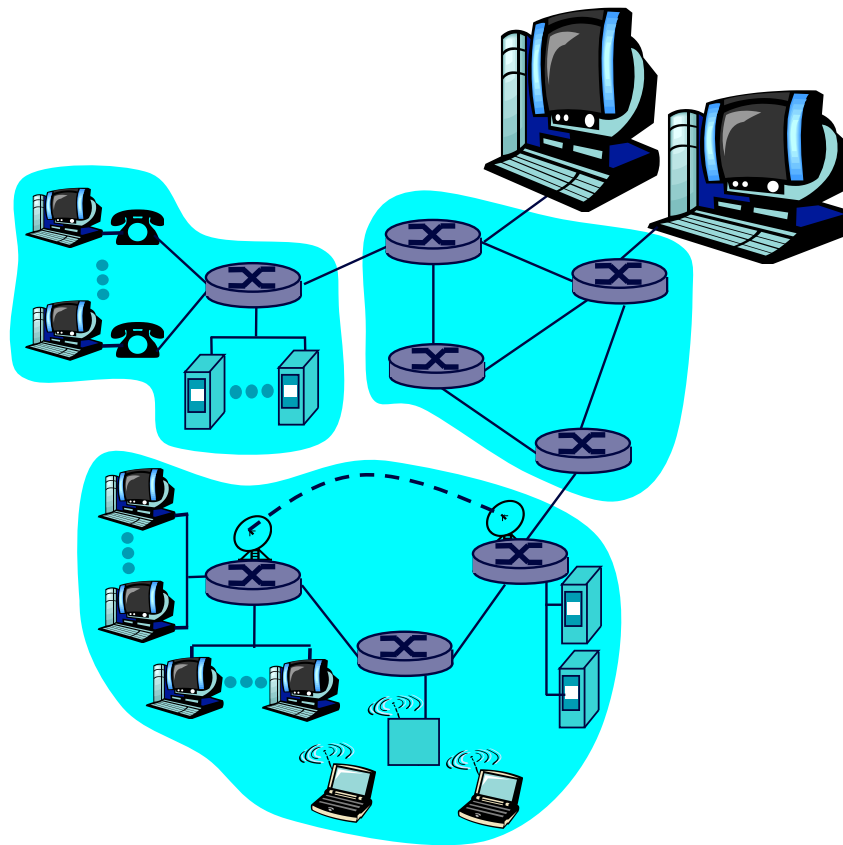
*Tout simplement l'ordinateur...*

- Sous-réseau

*Les hôtes sont connectés par le sous-réseau. Son rôle est le transport des messages d'un hôte à l'autre. Il comporte généralement les lignes de transmission et les éléments de commutation (hub, switch, routeurs).*

# Définition

---



# Structure des réseaux

---

- Deux types de réseaux

- Réseau point à point

- Grand nombre de connexions entre machines.
    - Les messages peuvent passer par plusieurs machines avant d'atteindre leur destination.
    - Différentes structures :



Boucle



Etoile



Réseau complet



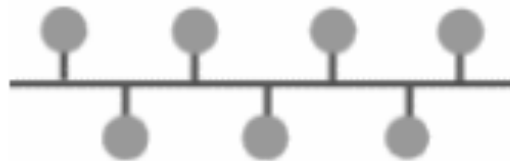
Arbre / structure  
hiérarchique



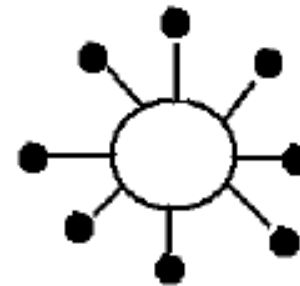
# Structure des réseaux

---

- Deux types de sous-réseaux
  - Réseau à diffusion (broadcast) ou à accès multiple
    - Un seul canal de communication
    - Tout le monde entend le message de tout le monde
    - Un message est envoyé avec une adresse de destination : seul le destinataire répond.
    - Différentes structures :



Bus



Anneau



# Classifications des réseaux

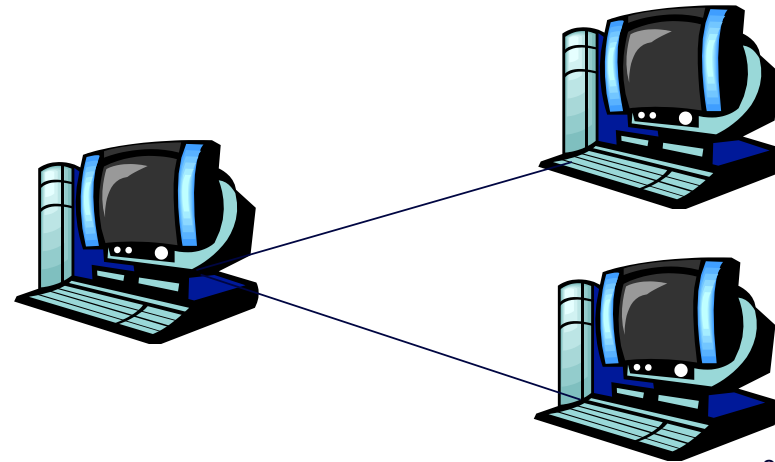
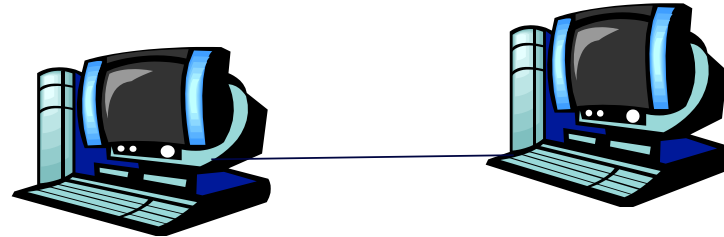
---

- Critères de classification
  - Topologie
    - Étoile, anneau, bus
  - Taille
    - WAN, LAN, MAN, PAN, ...
  - Technique de transfert
    - À circuit ou à paquet
    - À commutation ou à routage

# Topologies

---

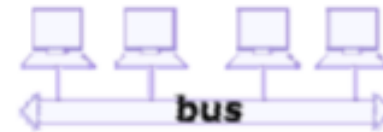
- **Logique:** le mode d'échange des messages dans le réseau, elle est réalisée par un protocole d'accès
  - Ethernet
  - Token ring
- **Physique:** le mode de raccordement des machines
  - Bus, étoiles etc
- Deux types de liaisons: point-à-point ou multipoints



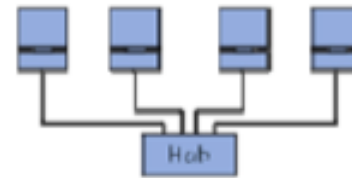
# Topologies (physique)

## □ Topologies de base

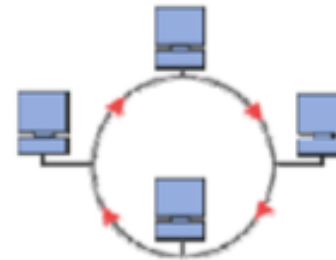
- Bus



- Etoile

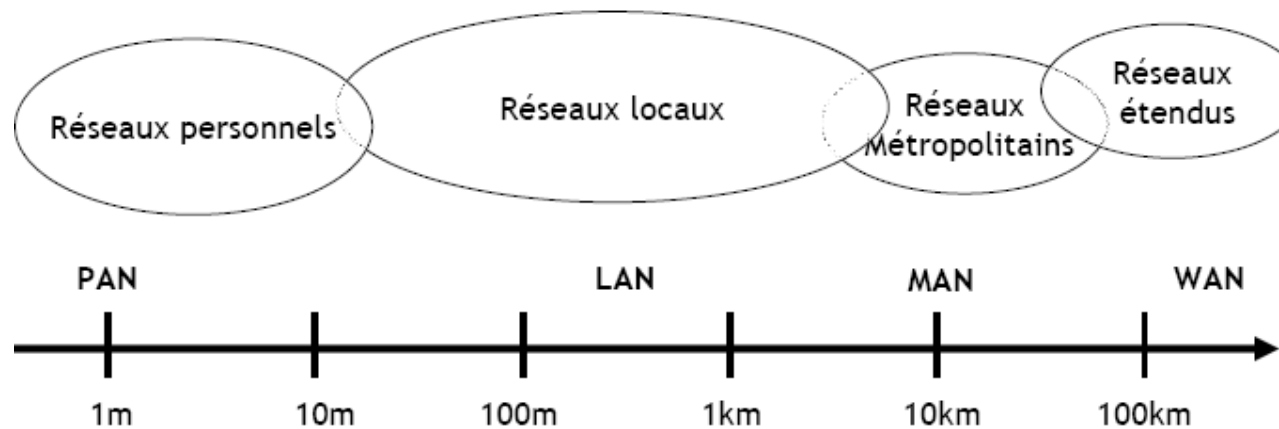


- Anneau



# Classification par taille

---



# Classification par taille

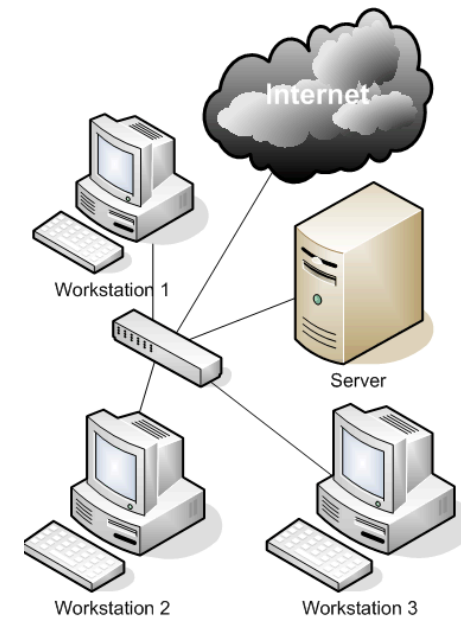
- PAN – Personal Area Network
  - Interconnectent sur quelques mètres des équipements personnels tels que les téléphones portables, PALM, PDA\*, oreillettes, domotique, auto-radio, etc...
  - Couverture: de 10m à 100m
  - Débit: quelques Mbits/s
- Technologies :
  - USB
  - bluetooth
  - infra-rouge
  - ...



*\*Personal Digital Assistant*

# Classification par taille

- LAN – Local Area Network
  - Correspondent aux réseaux d'entreprises, réseaux de campus ou équivalents.
  - Tailles restreintes
  - Débits de 10Mbps à 10Gbps
  - Couverture: de 100m à 1000m
  - Topologies les plus utilisées : bus, anneau, étoile
- Technologies :
  - Ethernet
  - Token ring
  - WiFi
  - HipperLan ...





# Classification par taille

---

- MAN – Metropolitan Area Network
  - Couverture: la taille d'une ville
  - Débit: quelques dizaines de Mbits/s
  - Interconnexion des entreprises, campus, et éventuellement de particuliers.
  - Haut débit, très important dans le coeur de réseau, redistribué en de moindres mesures aux extrémités.
  - Gérés généralement par une entreprise.
- Technologies :
  - ATM
  - FDDI
  - WiMAX
  - ...





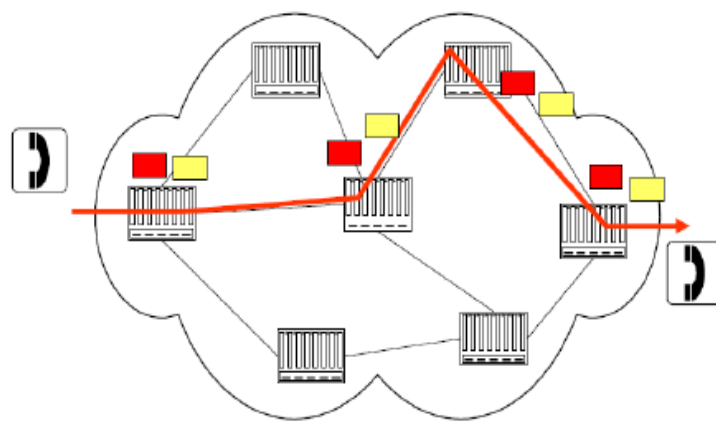
# Classification par taille

---

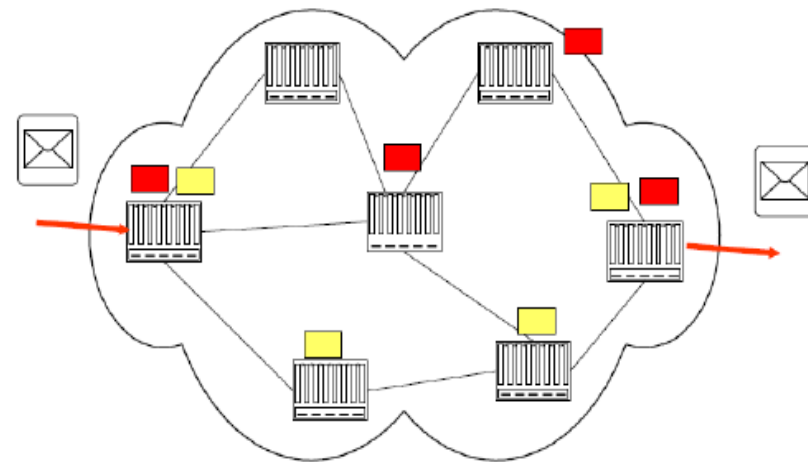
- WAN – Wide Area Network
  - Réseau longue distance (de l'ordre du pays)  
Couverture: Mondiale
  - Peuvent être des réseaux terrestres (essentiellement de la fibre optique), ou hertziens (comme les réseaux satellitaires).
  - Débit: quelques Mbits/s
- Technologies :
  - ATM
  - X25
  - Frame Relay
  - MPLS
  - Satellite
  - RNIS, IP, GSM
  - ...

# Classification par la technique de transfert

- Besoin d'un mode de mise en relation entre les éléments du réseau : deux modes



Réseau à commutation  
Mode connecté



Réseau à Routage  
Mode non connecté



# Modes de mise en relation

---

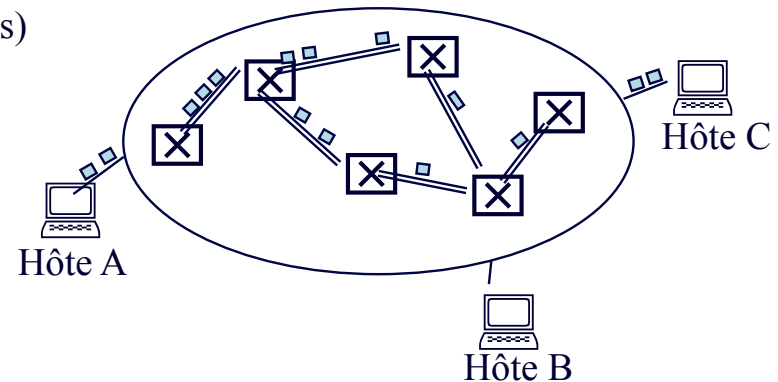
- Deux modes de fonctionnement pour transiter les informations
  - Connecté
  - Non connecté
- Dépend :
  - Du service demandé
  - Du protocole utilisé

# Modes de mise en relation :

## Mode non connecté (Datagramme)

---

- Mode non connecté
  - Par analogie avec un envoi de courrier
    - Une seule phase (Transfert des données)
    - Simple
    - Plusieurs chemins possibles
  - 😊 Plus léger, parfois plus rapide
  - 😊 Service non fiable Aucune garantie

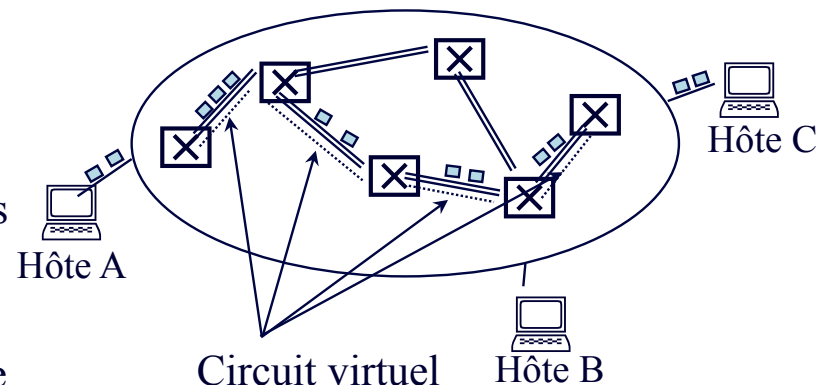


- Utilisé pour la messagerie électronique (le destinataire n'a pas besoin d'être là), la consultation de bases de données...

# Modes de mise en relation :

## Mode connecté

- Mode connecté (Circuit virtuel,CV/  
circuit physique)
  - Par analogie avec un appel téléphonique (3 temps)
    1. Etablissement d'une connexion
    2. Transfert des données
    3. Libération de la connexion
  - ☺ Service fiable: Chemin dédié Circuits commutés (SVC) ou Circuits permanent(PVC)
  - ☹ Complexe, Une connexion alourdit le transfert Difficile pour des applications multipoints (autant de connexions que de paires d'hôtes)
- Utilisé pour le transfert de voix ou de fichiers



# Les réseaux locaux

---

- Définition



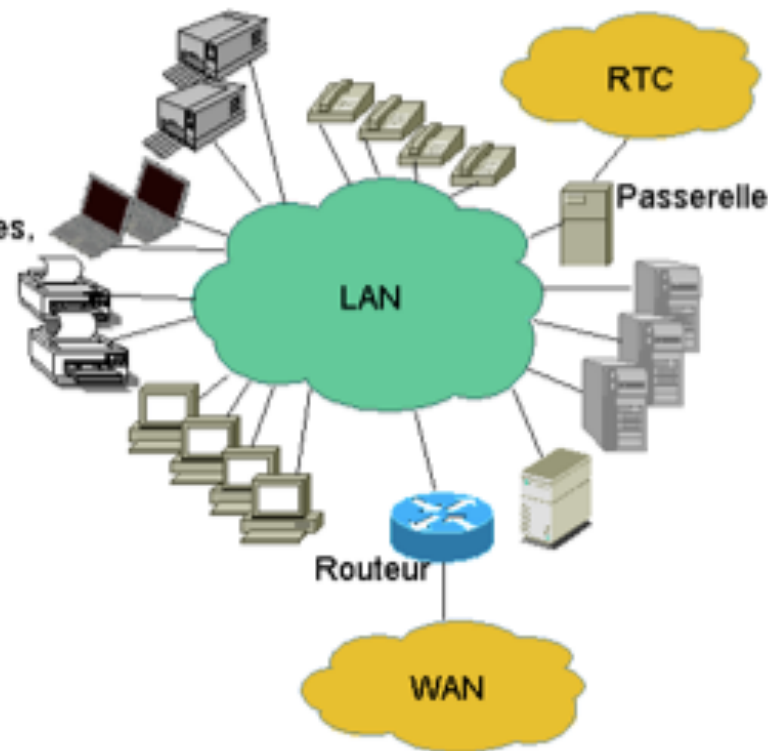
# Qu'est-ce qu'un réseau local

---

- Un réseau local (ou en anglais *LAN*, **local area network**), est un réseau permettant d'interconnecter les ordinateurs d'une entreprise ou d'une organisation. Grâce à ce concept, on a un système permettant :
  - D'échanger des informations
  - De communiquer
  - D'avoir accès à des services divers
- Un réseau local relie généralement des ordinateurs (ou des ressources telles que des imprimantes) à l'aide de **supports de transmission filaires**
  - Paires torsadées
  - Ou câbles coaxiaux la plupart du temps sur une circonférence d'une centaine de mètres
- Exemple de types de technologies utilisées dans les LANs :
  - Token ring
  - IEEE 802 LANs, Ethernet et Fast-Ethernet
  - FDDI (anneau en fibre optique), ATM, 802.11(a,b,g,...)

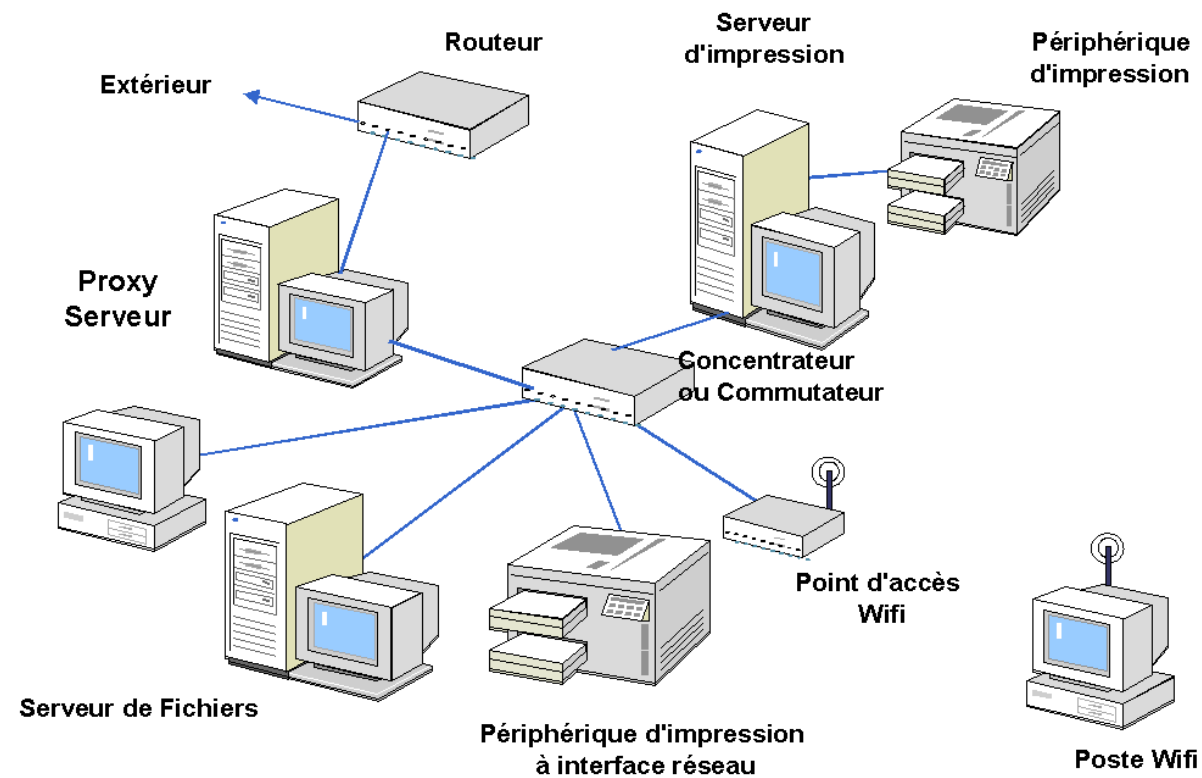
# Objectifs des LANs

- **Interconnecter**
  - à bon marché
  - à haut débit
  - tout le monde
    - Clients, serveurs, imprimantes, téléphones, passerelles, ...
- **Partager**
  - Imprimantes
  - Disques
  - Fichiers
  - Passerelles
  - les traitements
- **Répartir les systèmes et les traitements**





# Exemple de réseau local

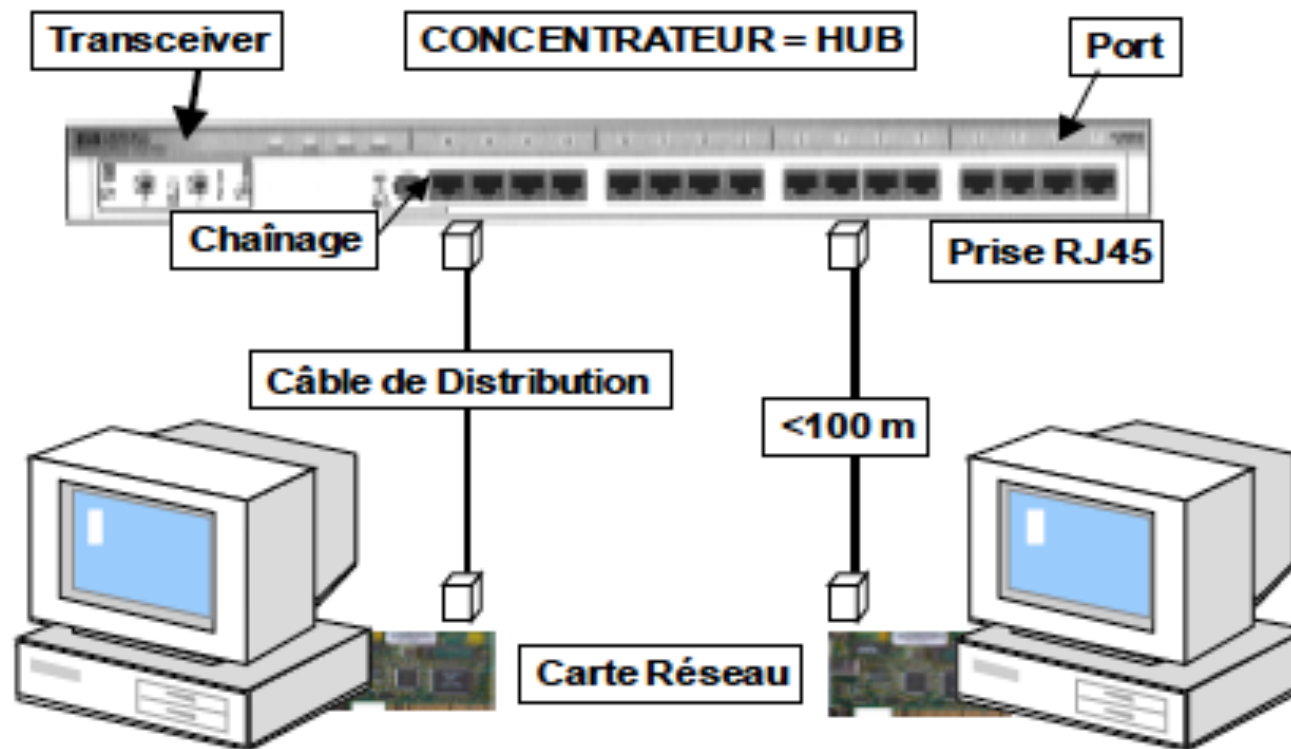


# Les constituants matériels d'un réseau local

---

- Un réseau local est constitué d'ordinateurs reliés par un ensemble d'éléments matériels et logiciels. Les éléments matériels permettant d'interconnecter les ordinateurs sont les suivants :
  - **La carte réseau** (parfois appelé *coupleur*): il s'agit d'une carte connectée
  - **Le transceiver** (appelé aussi *adapteur*): il permet d'assurer la transformation des signaux
  - **La prise**: il s'agit de l'élément permettant de réaliser la jonction mécanique
  - **Le support physique d'interconnexion**: Il est généralement filaire
    - Le câble coaxial
    - La paire torsadée
    - La fibre optique

# Les constituants matériels d'un réseau local



# Les constituants matériels d'un réseau local

---

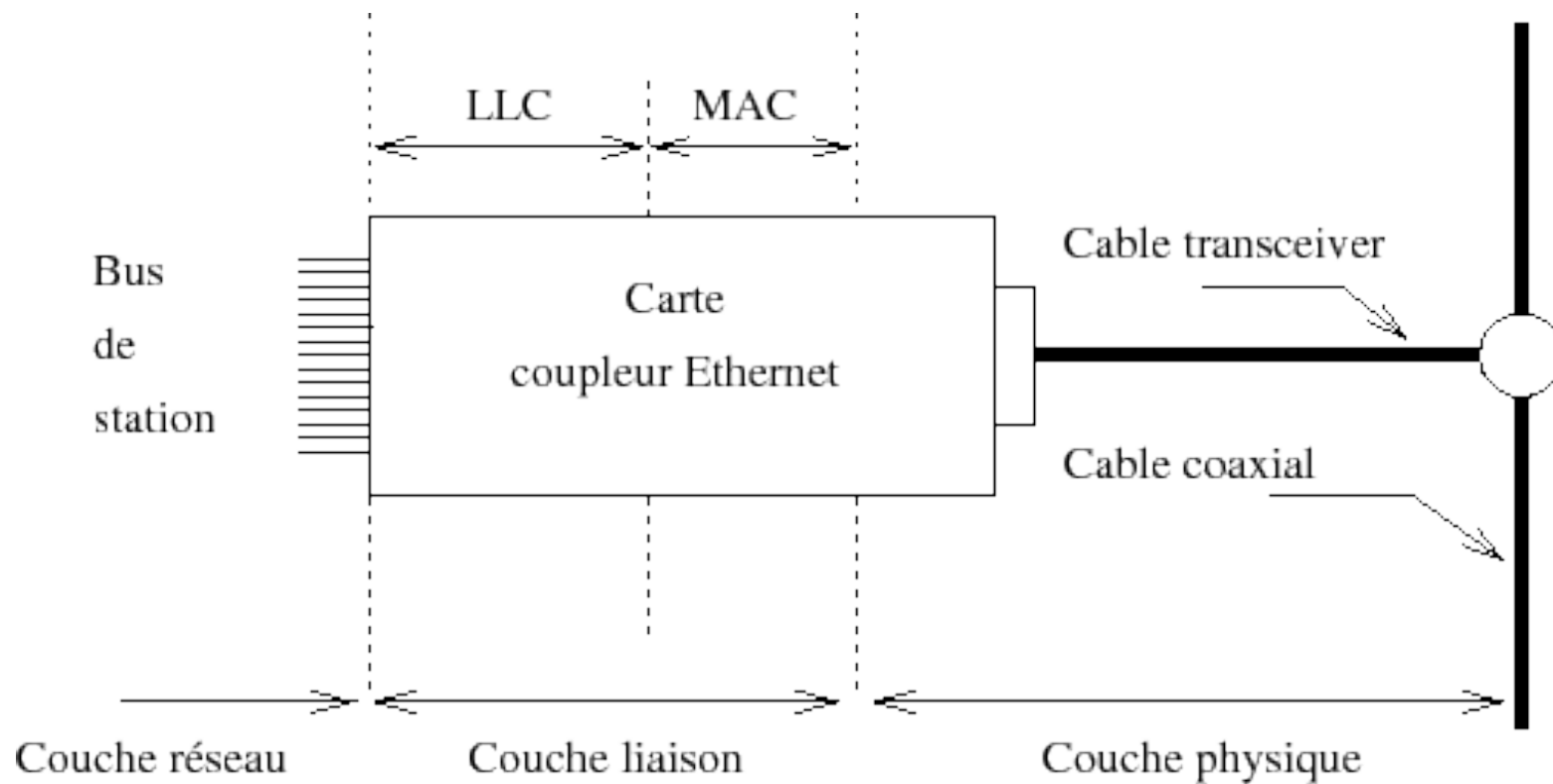


Prise et câble



Carte réseau  
Ou Coupleur Ethernet

# Les constituants matériels d'un réseau local



# Interconnexion

---

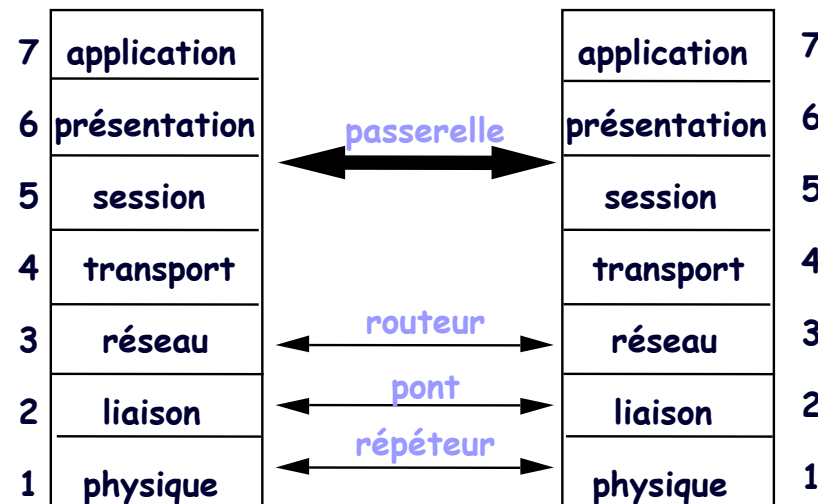
- Définition: Fonction pour réaliser l'interfonctionnement de réseaux hétérogènes
  - Hétérogénéité des réseaux :
    - Matériels
    - Capacité
    - Taille de paquets
    - Protocoles
    - Services
- Méthode : Identifier le niveau d'hétérogénéité afin de déterminer les fonctions requises pour établir l'interconnexion (Modèle OSI)
- Selon le niveau d'hétérogénéité considéré : Mise en œuvre d'un dispositif d'interfonctionnement
- Techniques employées:
  - Amplification
  - Fragmentation/Réassemblage
  - Encapsulation
  - Conversion de protocole/service
- Équipements employés:
  - Répéteurs (Repeater)
  - pont (Bridge)
  - Routeurs (Router)
  - Passerelles (Gateway)
  - Concentrateurs (Hub)
  - Commutateurs (Switch)

# Interconnexion de LAN

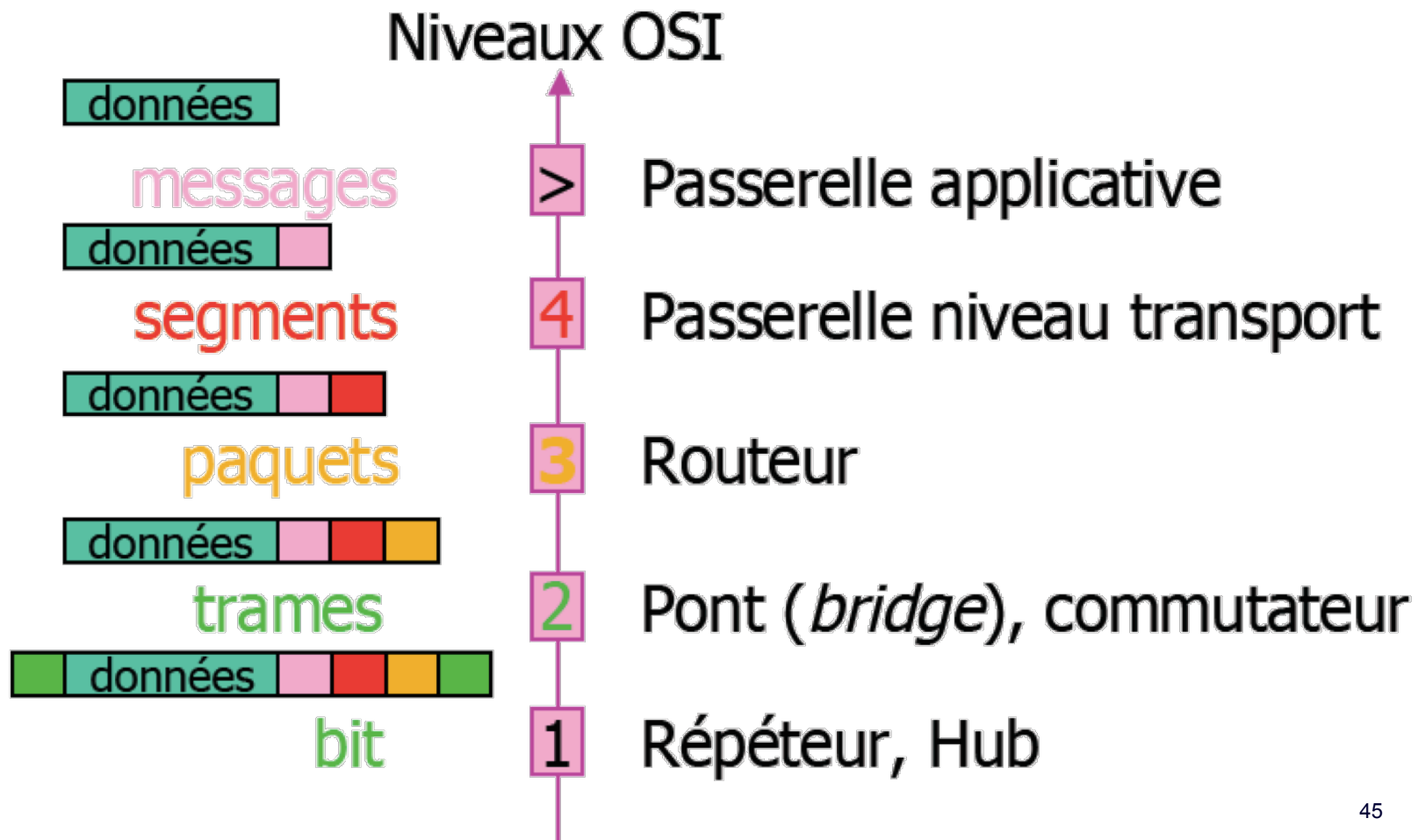
## □ Problématique



## □ les solutions



# Interconnexion de LAN

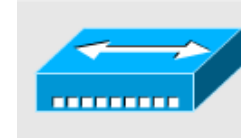




# Les Stations d'interconnexion

---

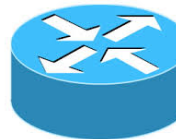
- Le répéteur/ Hub/  
Concentrateur



- Les ponts
  - Commutateur



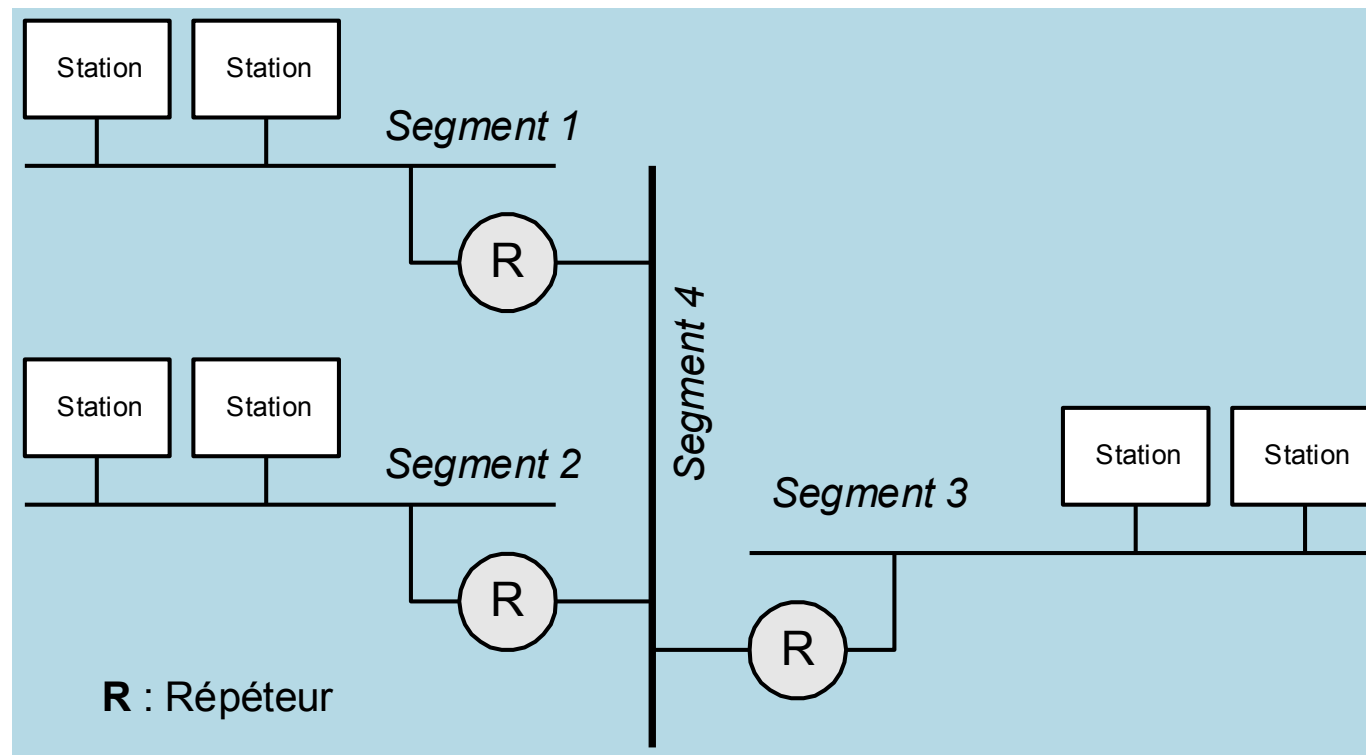
- Les routeurs



- Les passerelles



# Le répéteur

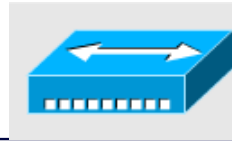


# Niveau physique: Répéteur

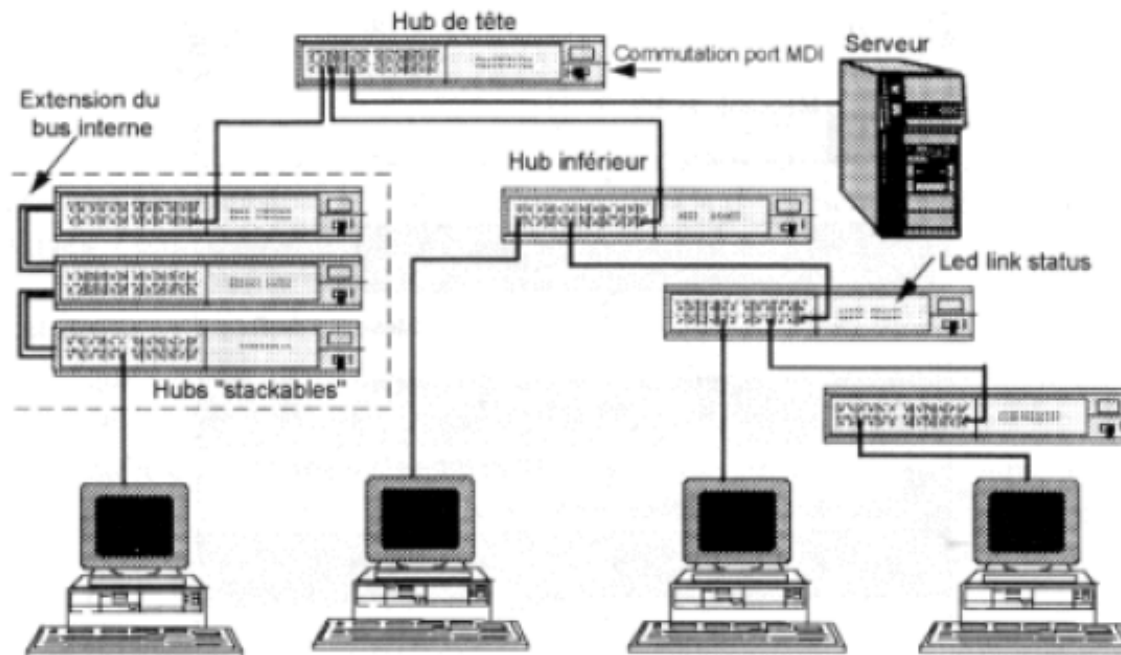


- Traite le problème de l'atténuation
  - Régénère le signal et filtre le bruit
  - Pour augmenter la portée géographique du support
- Fonctionne au niveau Physique (bit),
  - ne connaît pas la trame,
  - ne procède à aucun filtrage (ne diminue pas la charge du réseau),
  - détecte les collisions et les propage (jam),
  - remet en forme les signaux électriques ou optiques,
  - Débit identique
- Changement de type de support
- Ne peuvent être utilisés que sur les mêmes types de segments (Ethernet-Ethernet ou Token Ring-Token Ring)
  - Car il opère au niveau physique : il n'y a pas d'intelligence

# Niveau physique : Concentrateurs / Hubs

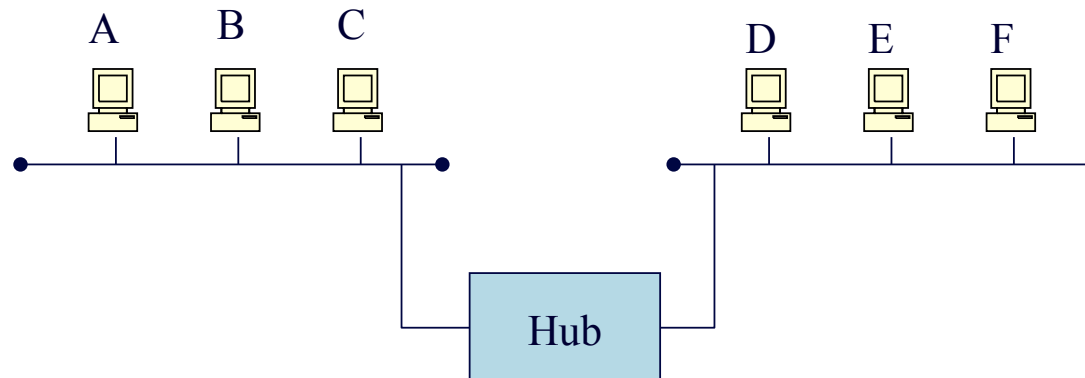


- ❑ Un Hub émule un bus
- ❑ Diffusion des messages sur tous les ports
- ❑ détection des collisions (le signal de collision est retransmis à l'ensemble des stations)
- ❑ Liaison Hub/Station ou Hub/Hub en paires torsadées (1 pour l'émission, 1 pour la réception)



# Niveau physique: Le répéteur (Hub)

- ❑ interconnexion au niveau de la couche physique
- ❑ permet l'interconnexion de 2 segments → augmenter la distance
- ❑ ne possède pas d'@MAC
- ❑ régénère le signal pour compenser un affaiblissement ou changer de média (câble coaxial à paire torsadée)
  - Répéter le signal reçu d'un port d'entrée vers tous les ports de sortie
- ❑ n'effectue aucun filtrage : transparent au protocole
- ❑ aucune administration



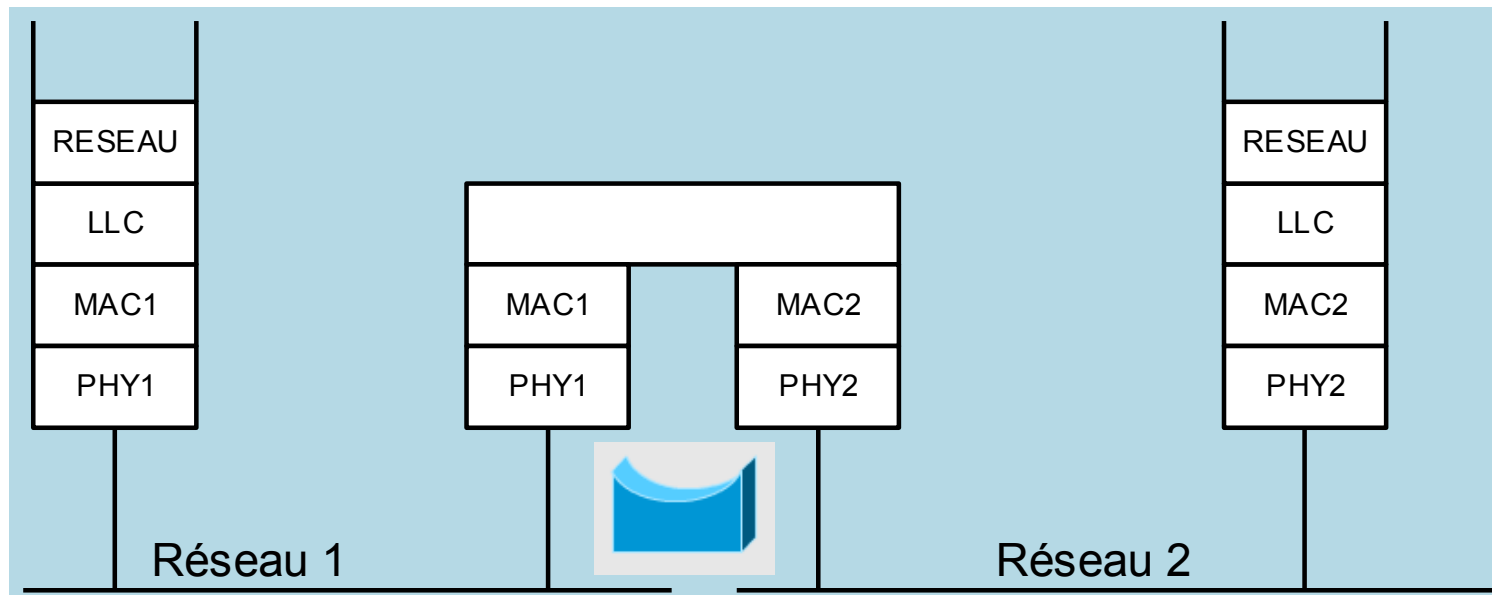
Une trame envoyée par A à B est reçue par toutes les stations B, C, D, E, F

# Niveau trame: Pont ou commutateur de trames



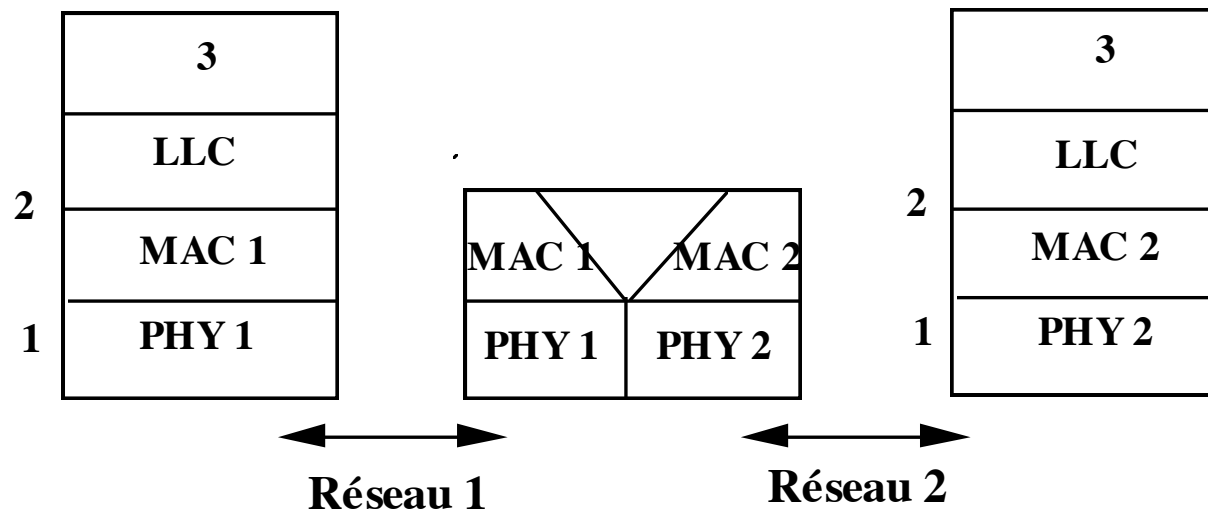
- Limitations du répéteur
  - Diminution du débit par nœud
  - Limitations physiques
    - Distance maximum imposée par Ethernet ( long segment = 500 m et longueur max = 2.5km)
    - Nombre limité de hubs en cascade (exemple : 4 au max pour la norme 10 BASE 5)
  - Un même domaine de collision
- Interconnexion par filtrage de trames
  - Performance
    - Diminution de la charge par segment physique
    - Augmentation de la bande passante disponible par transmissions parallèles
  - Sécurité
    - Isolation des trafics
  - Flexibilité des débits : Un pont délivre sur tous les **ports** un **débit** à la vitesse du médium
  - Augmentation de la portée géographique
    - Utilisation de liens point à point
  - Indépendance des segments car isolation des trafics
  - Capable de convertir des trames de formats différents (ex : Ethernet Token Ring).(hétérogène)

# Niveau frame:Le pont



# Niveau trame : Le pont (*bridge*)

- ❑ interconnexion au niveau MAC
- ❑ permet de
  - structurer un réseau d'entreprise en le segmentant physiquement
  - rallonger un réseau local
  - relier deux réseaux de technologies différentes
- ❑ possède une @MAC (transparente pour les stations)





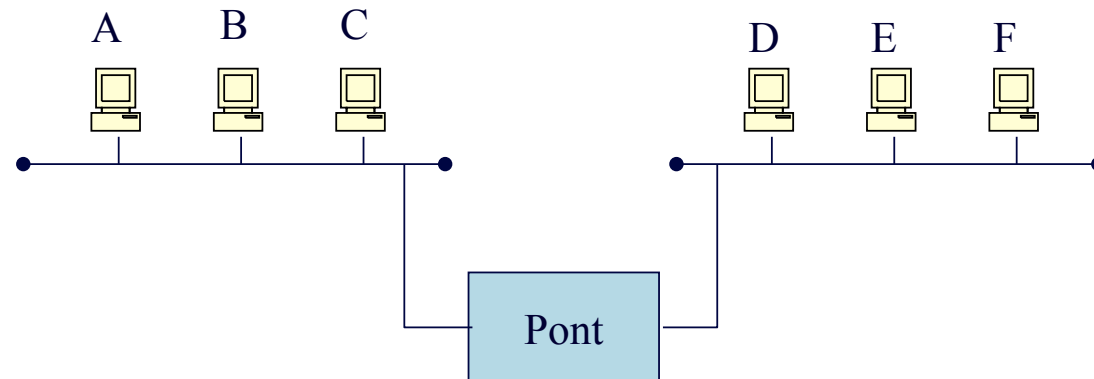
## Niveau trame:Le pont (*bridge*)

---

- difficultés
  - les LAN peuvent utiliser un format de trame différent → reformatage
  - le pont peut constituer un goulet d'étranglement lorsque
    - les LAN ont des débits différents et que le pont relaie une communication d'un LAN rapide vers un LAN plus lent
    - plusieurs communications ont le même port de sortie

# Niveau frame:Le pont (*bridge*)

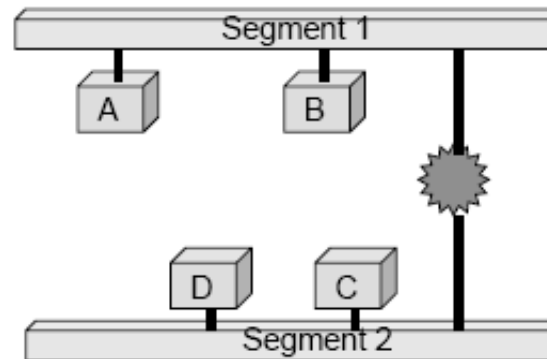
- fonctions supplémentaires
  - filtrer le trafic non destiné à un segment
  - ne pas laisser passer les trames destinées à une station sur le même segment
  - apprentissage des infos de filtrage
  - administration à distance (agent SNMP)



Une trame envoyée par A à B n'est reçue que par les stations de même segment (B et C)

# Niveau trame: Principe du pontage

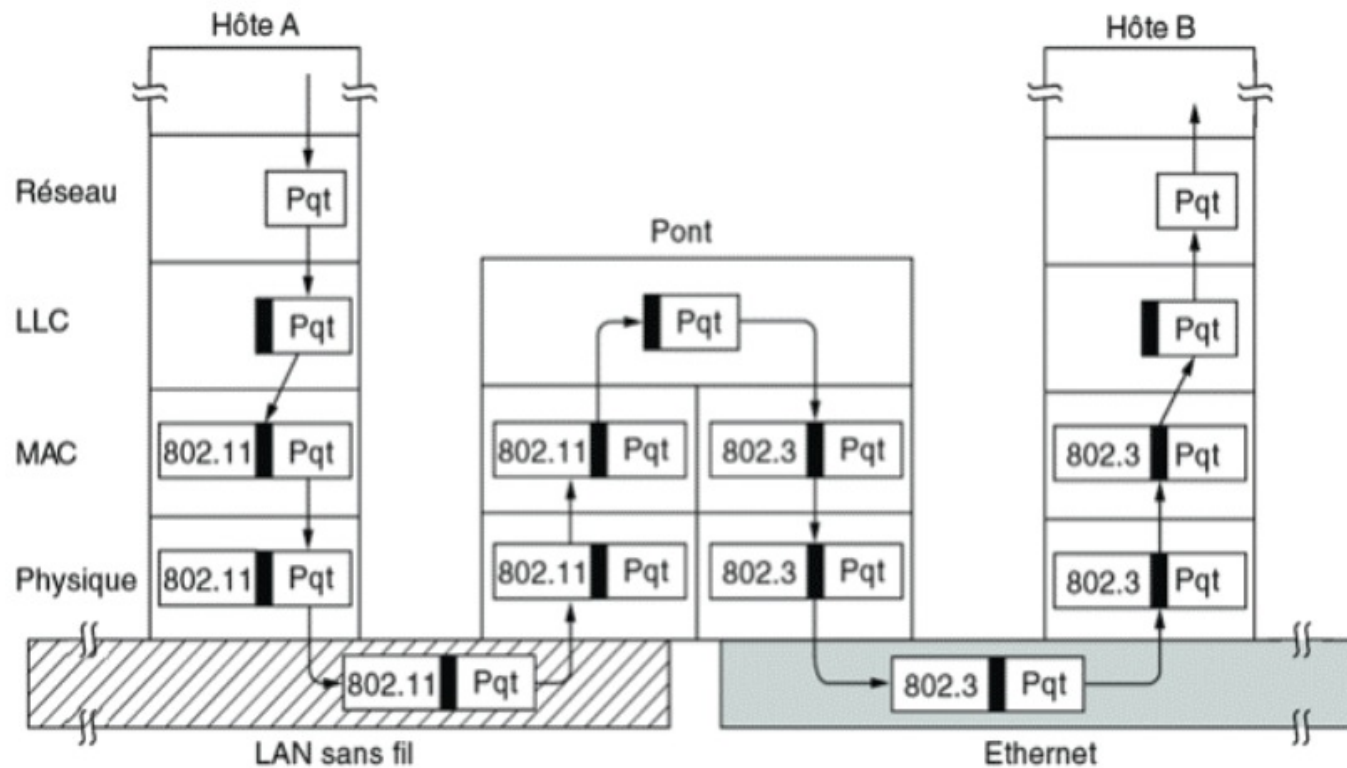
- Pont (ou commutateur) est un relais
  - retransmet les trames en fonction de l'adresse MAC de destination
- Séparation en domaines de collision:
  - Permet de segmenter le réseau en sous-réseaux indépendants
  - Transmission de trames en parallèle (sur des ports différents).
  - dispositif actif filtrant (collision) : permet de diminuer la charge du réseau.
  - Pas de limitation du nombre en cascade



- les trames A $\leftrightarrow$ B ne sont pas transmises sur le segment 2
- les trames C $\leftrightarrow$ D ne sont pas transmises sur le segment 1,
- la distance entre A et D est en théorie illimitée avec ponts et segments en cascade ,
- les collisions sont filtrées.

# Niveau trame: Principe du pontage

- Un pont possède autant de lignes (ou interfaces) que de LAN interconnectés; chaque ligne contient la sous-couche MAC appropriée

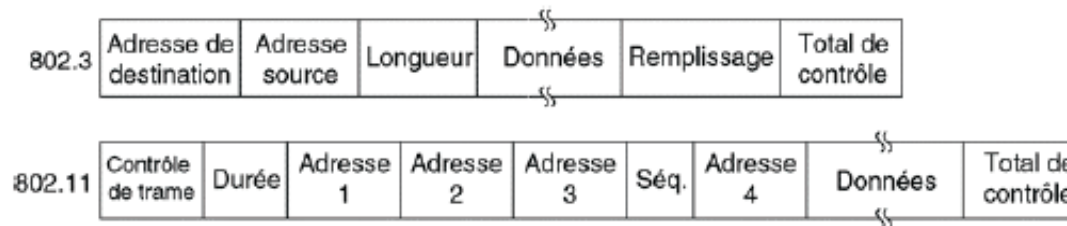


# Fonctionnement des Ponts

- Une table de localisation basée sur l'adresse MAC permet de connaître le LAN de sortie (FDB - Forwarding Data Base)
- Un timer est associé à chaque entrée de la table (les stations peu bavardes sont éliminées)
- Quand un pont reçoit une trame
  - LAN destination = LAN source -> rejet de la trame
  - LAN destination  $\neq$  LAN source -> acheminement
  - LAN destination inconnue, diffusion de la trame sur toutes les lignes sauf celle d'entrée

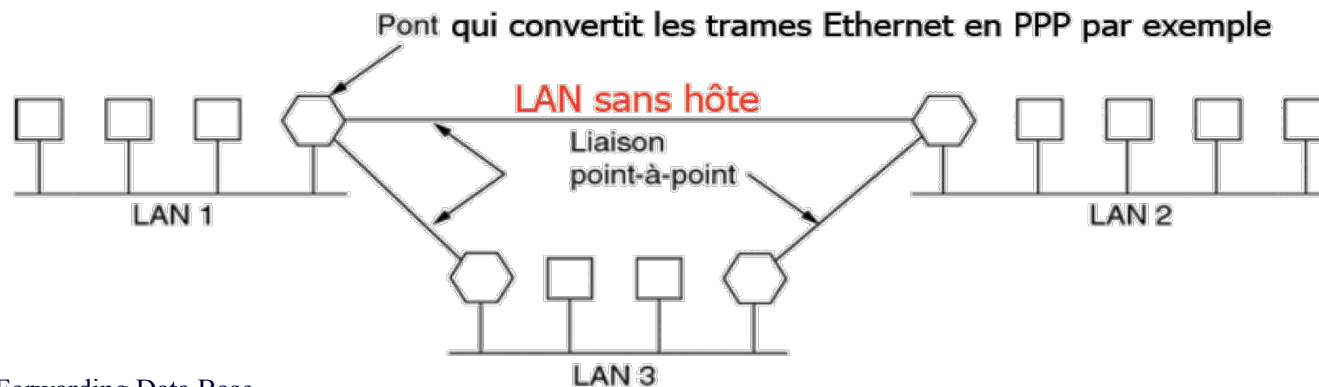
## Reformatage des trames

- Le format de l'en-tête des trames diffère d'un LAN à l'autre
- Le pont doit reformater les trames
  - -> consomme du temps CPU
  - -> il faut recalculer le CRC



# Différents types de ponts

- ❑ **Ponts simples**
  - table d'acheminement (FDB) statique (configurée par l'administrateur)
- ❑ **Ponts transparents**
  - FDB construite dynamiquement et maintenue à jour par analyse des trames entrantes
  - déplacements de stations transparents
- ❑ **Ponts à routage par la source**
  - la route à suivre est indiquée par la trame elle-même
  - une trame de découverte est envoyée vers le destinataire avant l'envoi des données
  - champ RI dans Token Ring (Routing Information)
- ❑ **Ponts distants:**
  - Interconnexion de LAN distants de plusieurs centaines de kilomètres par des liaisons point à point (liaisons louées par exemple)





# Le pont simple

---

- ❑ Conversion du format des trames
- ❑ Filtrage d'adresse
- ❑ Gestion des bits de contrôle des trames



# Le pont routeur

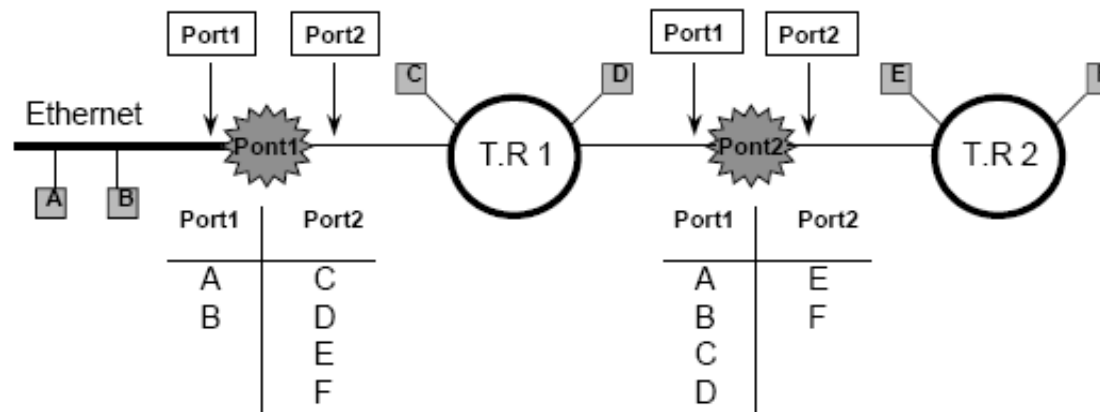
---

- ❑ Construction des tables de routage
- ❑ Contrôle de flux
- ❑ Filtrage du trafic local



# Ponts Transparents

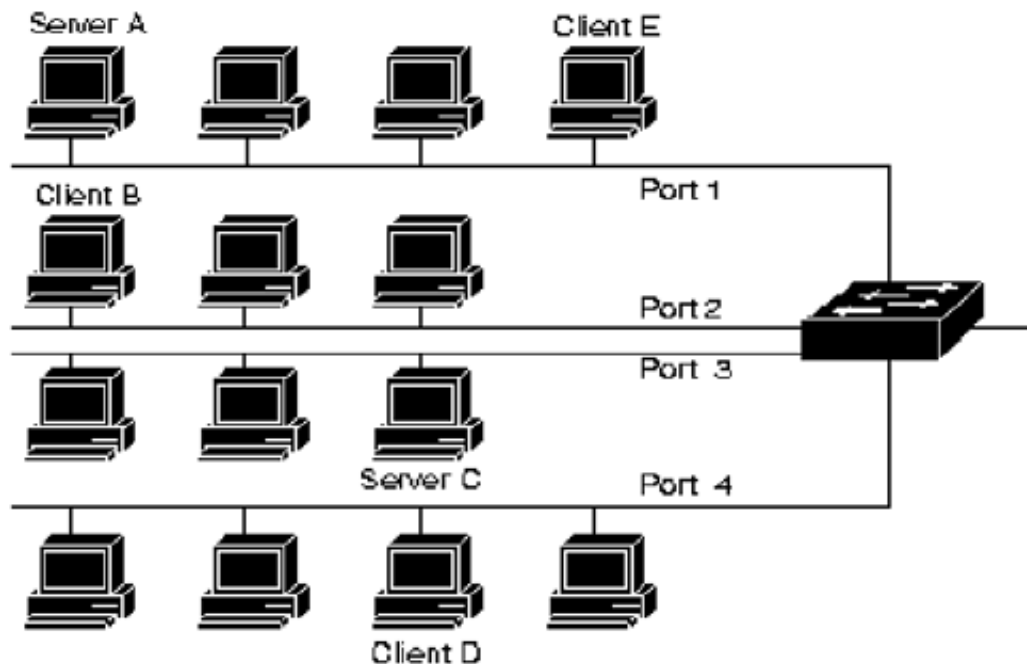
- Conçus à l'origine pour interconnecter des réseaux Ethernet,
  - fonctionnent en « auto-apprentissage »: « plug & play »
  - découvrent automatiquement la topologie du réseau Ethernet
  - le pont construit au fur et à mesure une table de correspondance entre adresses sources et segments sur lesquels les trames correspondantes sont acheminées.
  - Les trames à destination d'une adresse non inscrite sont répétées sur tous les ports, sauf le port de réception
- Aujourd'hui également utilisés pour interconnecter les réseaux Ethernet et Token Ring :
  - Convertissent les trames d'un format à l'autre,
  - les stations du réseau Token Ring doivent être configurées de manière à limiter la longueur de leurs trames à 1500 octets (longueur maximum d'une trame Ethernet); nécessaire car il n'existe pas de possibilité de segmentation au niveau de la couche LLC.



# Ponts/commutateurs



- ❑ Pas vraiment de différence !
- ❑ Dans les deux cas, sur Ethernet, une ligne = un domaine de collisions
- ❑ On parle plutôt de commutateur (switch) quand on interconnecte des machines individuelles et de pont pour l'interconnexion de LAN
- ❑ Un commutateur possède en général plus de lignes qu'un pont
- ❑ Equipements configurés de manière à gérer une ou plusieurs stations par port,
- ❑ Commute les trames au niveau MAC



## Echanges simultanés :

- A (port 1) <--> B (port 2)
- C (port 3) <--> D (port 4)

## Echange non commuté :

- A (port 1) <--> E (port 1)

# Commutateur (Switch)

- ❑ Équipement réseau au niveau trame
- ❑ Réduire à une station par segment → Ethernet commuté
- ❑ Ne plus avoir de collision
- ❑ 2 méthodes de commutation

store and forward

réception intégrale de la trame

puis stockage, choix du routage,

et retransmission vers un port de sortie

- ☺ 100 vers 10 Mbit/s possible
- ☺ filtrage d'erreurs
- ☹ temps de latence fonction de la longueur de la trame

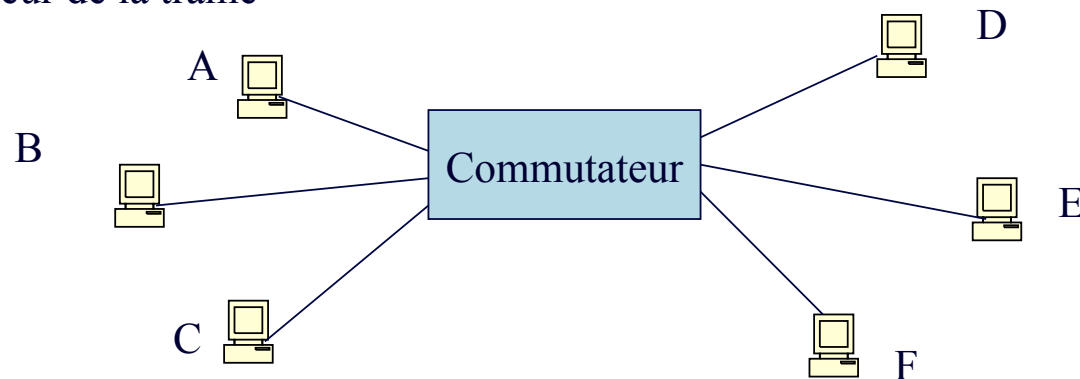
fast forward ou on the fly

retransmission de la trame en

sortie dès le décodage des bits

de l'adresse destinataire

- ☹ 100 vers 10 Mbit/s impossible
- ☹ pas de filtrage d'erreurs
- ☺ latence faible

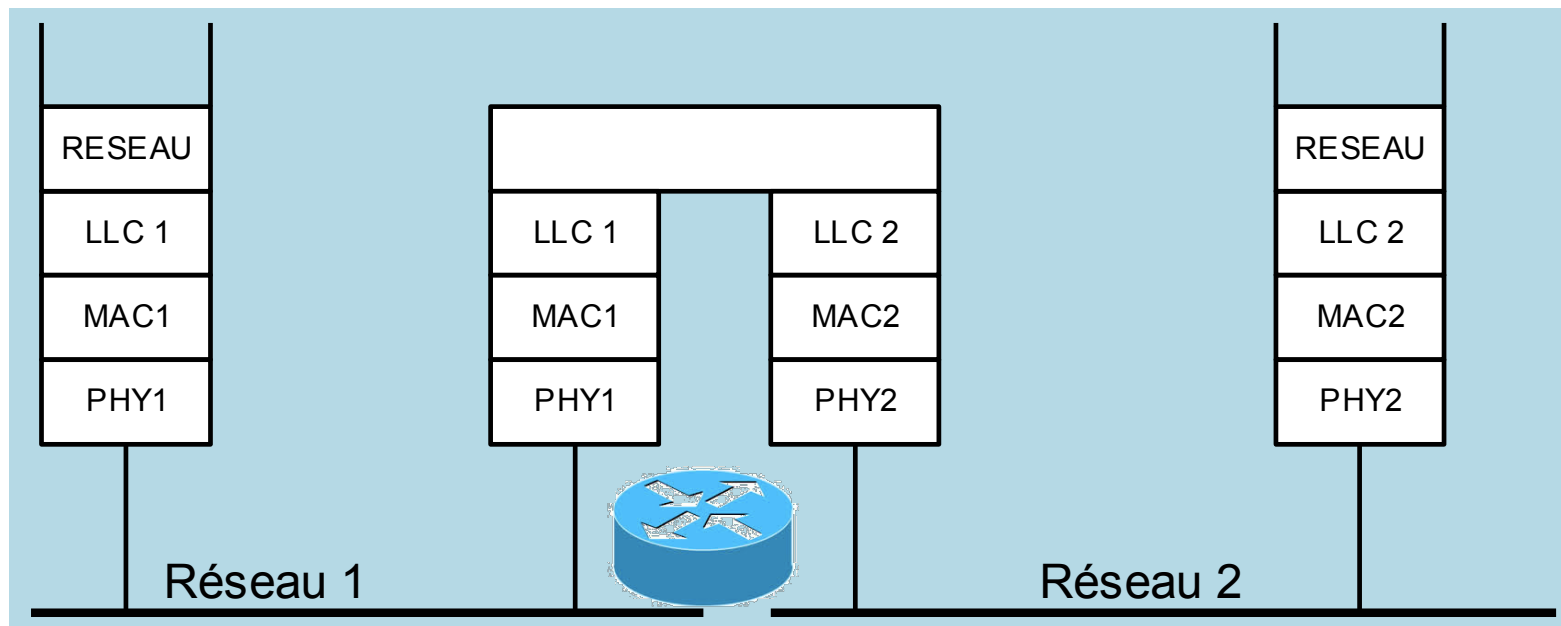
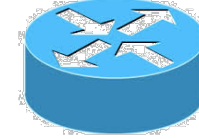


# Ethernet commuté

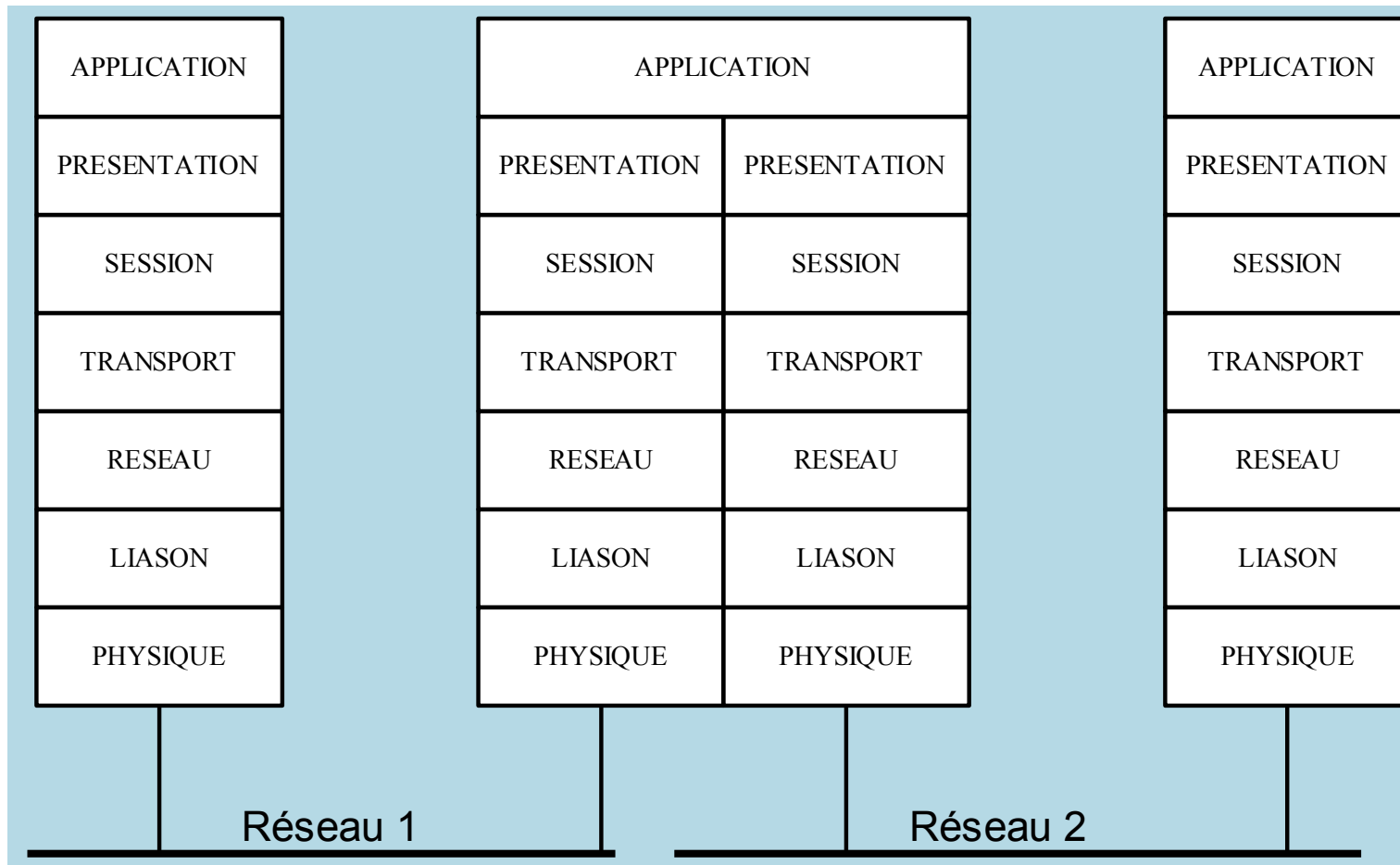
---

- ❑ un LAN 10BaseT dans lequel on aurait remplacé le *hub* par un commutateur (*switch*) Ethernet
  - comparable à un pont multi-port
- ❑ protocole modifié
  - pas de détection de collisions
- ❑ paires torsadées utilisées en *full-duplex*
  - la station peut simultanément émettre et recevoir
- ❑ débits variables selon le port
  - 1, 10, 100, 1000 Mbit/s

# Le routeur



# La passerelle



# En résumé

## Le hub (concentrateur)

C'est le matériel réseau le plus basique.

Utilisé pour un réseau local avec un nombre très limité de machines.

C'est une multiprise RJ45' qui amplifie le signal réseau => une requête destinée à un ordinateur X du réseau sera envoyée à la totalité des ordinateurs du réseau.

Cela réduit considérablement la bande passante et pose des problèmes d'écoute du réseau.

Les hubs travaillent sur la première couche du modèle OSI

## Le Répéteur

Ce dispositif ne fait qu'amplifier le signal pour les réseaux qui s'étendent sur de longues distances.

## Le Routeur

Il autorise l'utilisation de plusieurs classes d'@ IP au sein d'un même réseau et implémente un protocole de routage capable de :

- déterminer la route ayant le plus faible coût,
- permettre plusieurs routes vers le réseau,
- échanger les informations de routage précises en évitant les erreurs,
- minimiser le trafic généré par le protocole et donc maximiser la bande passante utile
- éviter les pointes de charge dans le réseau, être évolutif pour supporter la croissance du réseau, avoir un temps de convergence rapide après la détection d'un changement de routage
- mécanisme de sécurité afin d'éviter des modifications de configuration frauduleuses

## Le Switch

Le switch (ou commutateur) travaille lui sur les deux premières couches du modèle OSI.

Il distribue les données à chaque machine destinataire, alors que le hub envoie toutes les données à toutes machines qui répondent.

Conçu pour travailler sur des réseaux, avec un nombre de machines légèrement plus élevé que le hub, il élimine les collisions de paquets éventuelles (*une collision apparaît lorsqu'une machine tente de communiquer avec une seconde alors qu'une autre est déjà en communication avec celle-ci..., la première réessaiera quelques temps plus tard*).

Selon l'importance et le type de réseau, on utilise le plus souvent un des trois concentrateurs les plus généraux : Les Hubs, Switchs et Routeurs

# La commutation dans les LAN

---

Principe de la commutation

Problème de congestion

Techniques et modes de commutation



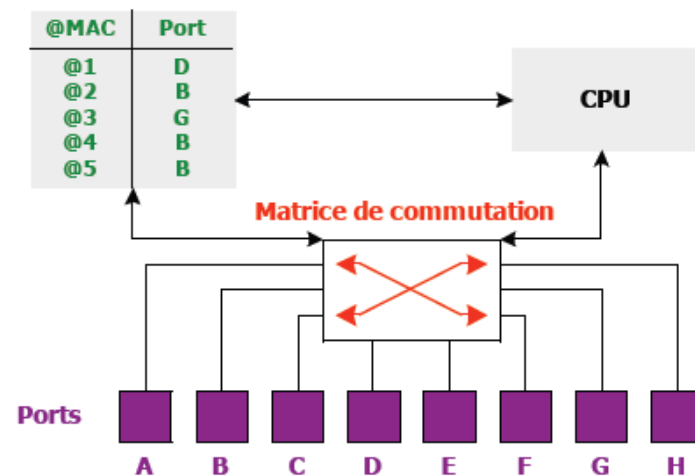


# Commutation dans les LAN

---

- ❑ Issue de la téléphonie (RTC) et des réseaux grande distance (WAN)
- ❑ Apparition dans Ethernet (Switched Ethernet)
  - garantit une certaine bande passante
  - évite les problèmes d'effondrement dans le cas des réseaux CSMA/CD chargés
  - permet des communications full-duplex
- ❑ Aujourd'hui, les commutateurs sont largement utilisés dans les réseaux Ethernet
- ❑ **Principe de la commutation**
- ❑ Commutation = mise en relation directe d'un port d'entrée avec un port de sortie
  - établissement d'une liaison point à point dynamiquement (réseaux locaux) en fonction d'une table d'acheminement (FDB : Forwarding Data Base)
  - plus de problème d'accès multiples au support (évite les collisions)

# Principe de la commutation (2)



- ❑ Table construite par analyse du trafic entrant (@MAC source)
- ❑ Les trames à destination d'une @ non présente dans la table sont répétées sur tous les ports sauf le port d'entrée
- ❑ Plusieurs trames peuvent être traitées simultanément
- ❑ Mémoire limitée dans le commutateur
  - les entrées les plus anciennes sont effacées
  - un timer est associé à chaque entrée de la table
  - il est réinitialisé lors de la réception d'une trame de cette provenance



# Techniques de commutation

---

- Rappel de la mise en relation
- Types de commutation
- Techniques de commutation



# Modes de mise en relation:

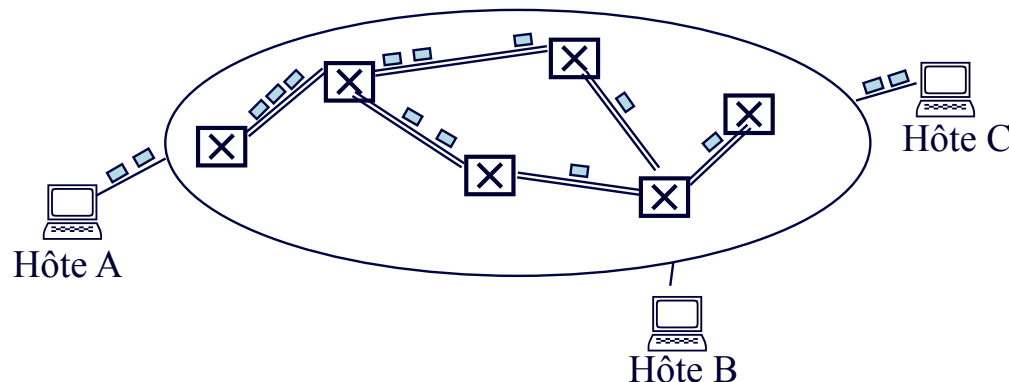
## Mode connecté Vs non connecté

---

- Chaque couche peut fonctionner suivant 2 modes de fonctionnement (dépend du protocole)
  - Connecté
  - Non connecté
- Dépend :
  - Du service demandé
  - Du protocole utilisé

# Modes de mise en relation

- ❑ Deux modes de fonctionnement pour transiter les informations
- ❑ Mode non connecté (Datagramme)
  - Une seule phase (Transfert des données)
  - Simple
  - Plusieurs chemins possibles



## Modes de mise en relation :

### Mode non connecté

---

- ❑ Par analogie avec un envoi de courrier
- ❑ Chaque message est auto-suffisant (sans état)
- ❑ Aucune garantie
- ❑ ☺ : Plus léger, parfois plus rapide  
☹ : Service non fiable
- ❑ Utilisé pour la messagerie électronique (le destinataire n'a pas besoin d'être là), la consultation de bases de données...

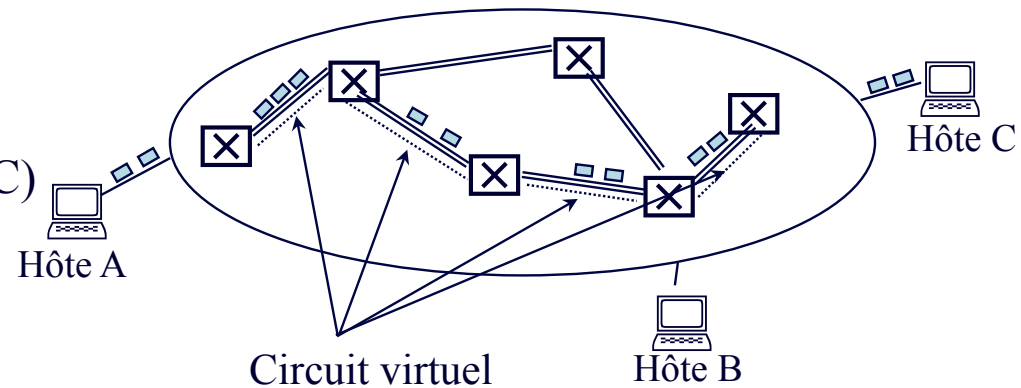
# Modes de mise en relation :

## Mode connecté

---

### □ Mode connecté (Circuit virtuel,CV/circuit physique)

- Etablissement d'une connexion
- Transfert des données
- Libération de la connexion
- Service fiable
- Complexe
- Chemin dédié
- Circuits commutés (SVC)
- ou Circuits permanent(PVC)



# Modes de mise en relation :

## Mode connecté

---

- ❑ Par analogie avec un appel téléphonique
- ❑ 3 temps
  - Établissement de la connexion (*synchronisation, négociation, etc..*)
  - Utilisation de la connexion
  - Relâchement de la connexion
- ❑ ☺ : Service fiable
- ☹ : Une connexion alourdit le transfert
- Difficile pour des applications multipoints (autant de connexions que de paires d'hôtes)
- ❑ Utilisé pour le transfert de voix ou de fichiers





# Modes de mise en relation

---

- ❑ Technique de commutation : la manière d'interconnecter 2 correspondants
- ❑ Le fonctionnement d'un nœud (routeur/switch)
- ❑ Nombre de liens= $N(N-1)/2$  (N: nombre de nœuds)
- ❑ Temps de traversée du réseau  $T_p$

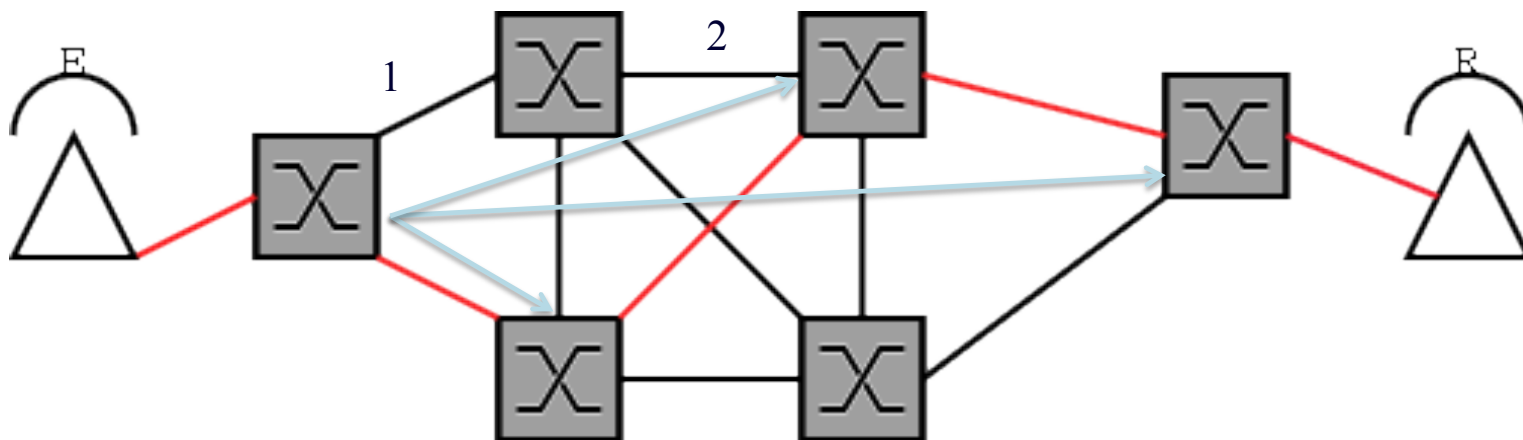
$$T_p = (L + pH)(1 + N/p)/D$$

L: longueur de message, N : nombre de nœuds,

p : nombre de paquets, H : entête protocole, D : débit

Nombre de liens= $N(N-1)/2$  ?

---



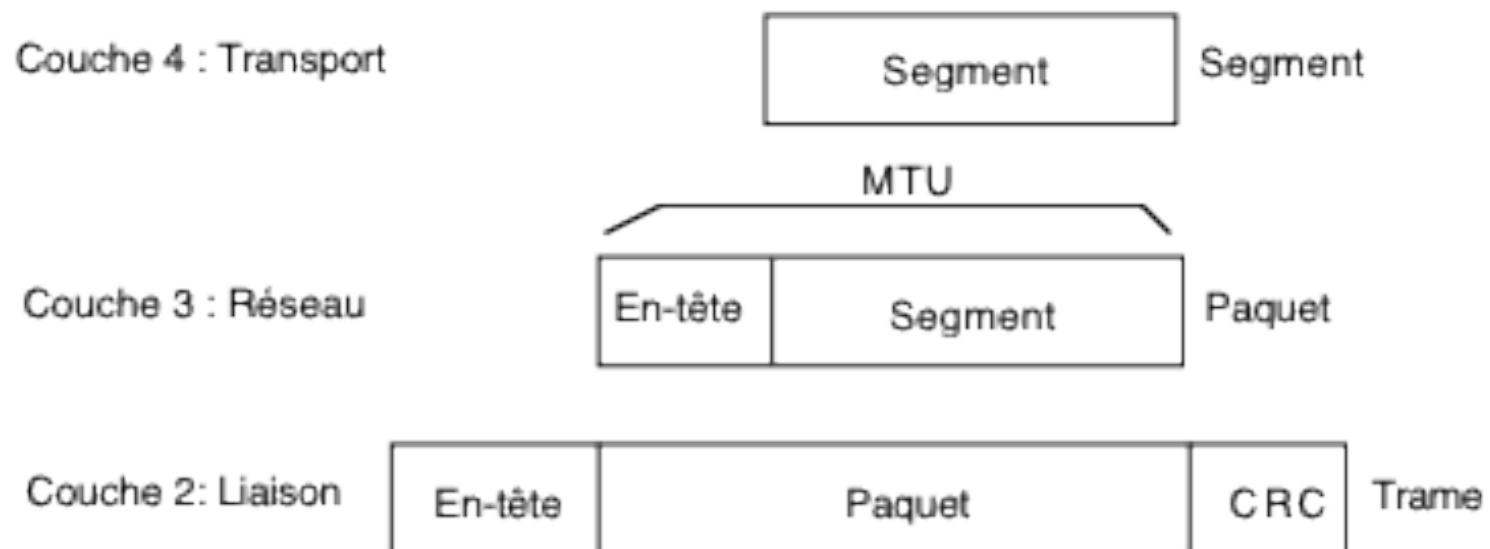
$N = 6$  noeuds  
Liens=15

# Démo!

---

- Soit  $n$  équipements à connecter. Pour le premier équipement, on doit avoir un lien vers chacun des  $n-1$  autres équipements. Pour le second équipement, on doit avoir  $n-2$  liens vers les autres équipements (le lien avec le premier équipement étant déjà assuré. Etc.. On a donc au total :  $(n - 1) + (n - 2) + \dots + 1$  liens
- rappel 
$$\sum_{0 \leq p \leq n} u_p = \frac{(n + 1)}{2} (u_0 + u_n)$$
- Ici le nombre de lien est la somme de  $p= 1$  à  $n-1$  de  $U_p = n - p$

# Segmentation/fragmentation



- La MTU, ou maximum transmission unit

# Modes de mise en relation

## □ Techniques de commutation

### ■ Commutation de circuit ( $p=1$ , $N=0$ )

- Le message est transmis en un seul bloc, il n'y a aucun noeud dans le réseau puisque la connexion est établie d'avance.

$$T = \frac{L+H}{D}$$

### ■ Commutation de messages ( $p=1$ , $N>0$ )

- Le message est transmis en un seul bloc, il peut y avoir plusieurs noeuds dans le réseau.

$$T = \frac{L+H}{D}(1+N)$$

### ■ Commutation de paquets ( $p \geq 1$ et $N \neq 0$ )

- Le message peut être transmis en plusieurs paquets, il peut y avoir plusieurs noeuds dans le réseau.

$$T = \frac{L+pH}{D} \left(1 + \frac{N}{p}\right)$$

L: longueur de message, N : nombre de noeuds,  
p : nombre de paquets, H : entête protocole, D : débit

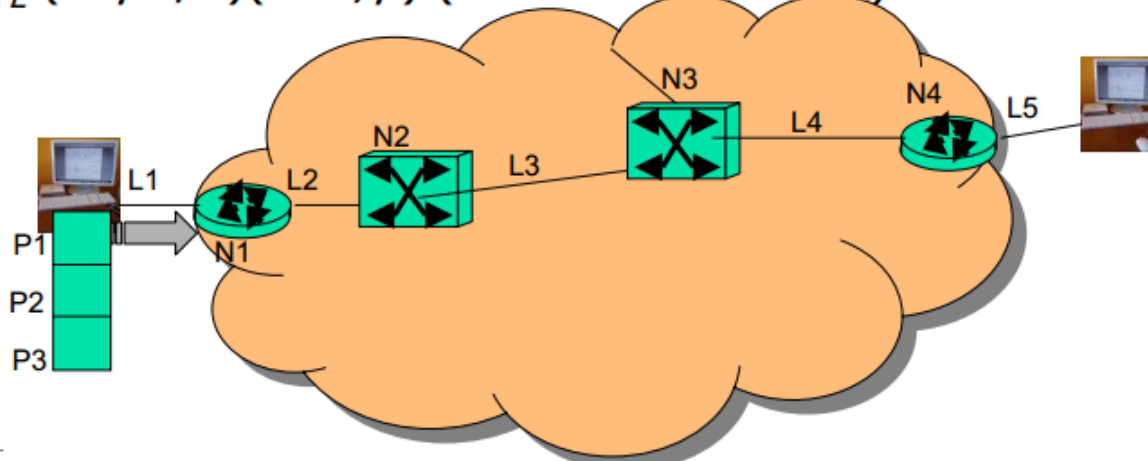
# Démo! Temps d'émission d'un message

Temps d'émission du message:  $T_E = (p-1)t_p + (N+1)t_p = (p+N)t_p$

Or  $t_p = L/pD$

$T_E = (p+N)L/pD = (L/D)(1+N/p)$

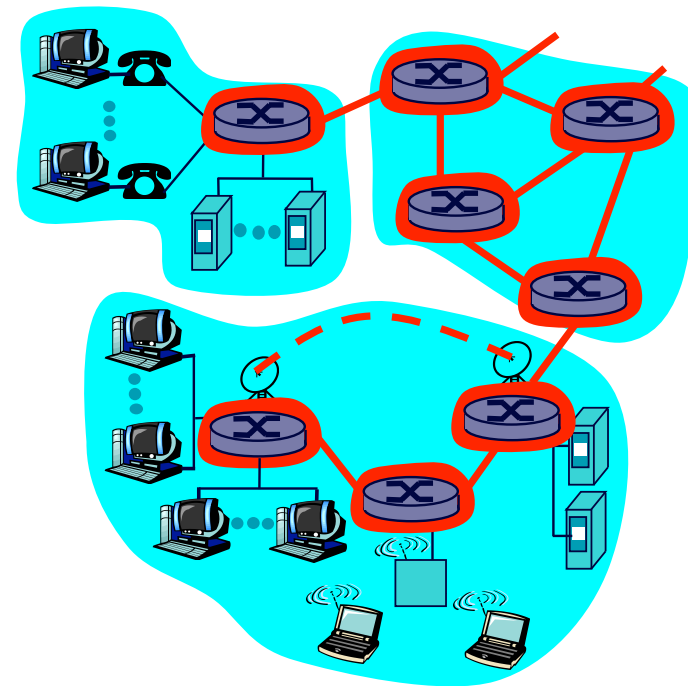
$T_E = (L+pH/D)(1+N/p)$  ( $H$ : taille de l'entête)



- Temps de transmission d'un paquet/message:  
 $t_p, T_e$
- Un message =  $p$  paquets

# Le réseau coeur

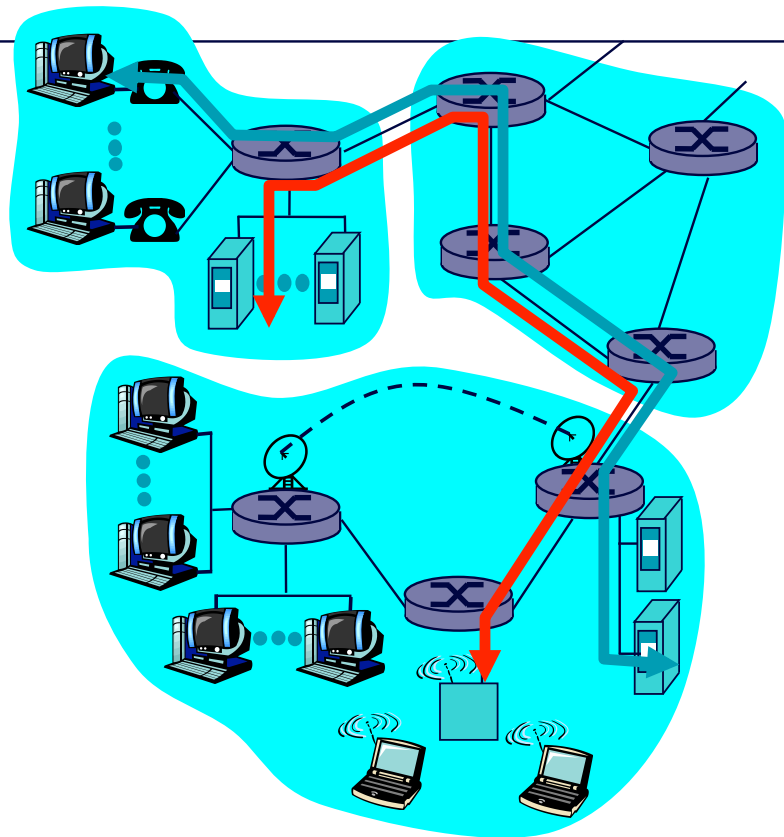
- Réseau maillés de routeurs
- **La question fondamentale:**  
comment les données sont transférées à travers le réseau ?
  - **Commutation de circuits:**  
circuit dédié par appel:  
réseau téléphonique
  - **Commutation par paquets:**  
données envoyées sur le  
réseau par “morceaux”



# Réseau coeur: commutation de Circuits

ressources réservées de  
bout en bout par  
“appel”

- ❑ bande passante de lien, capacité de commutation
- ❑ ressources: non partagées
- ❑ initialisation de l'appel demandé





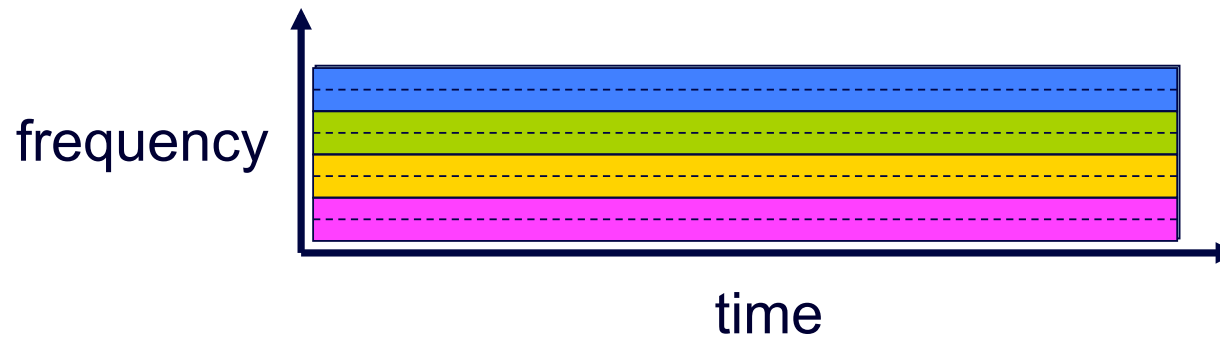


# Commutation de Circuits: FDMA et TDMA

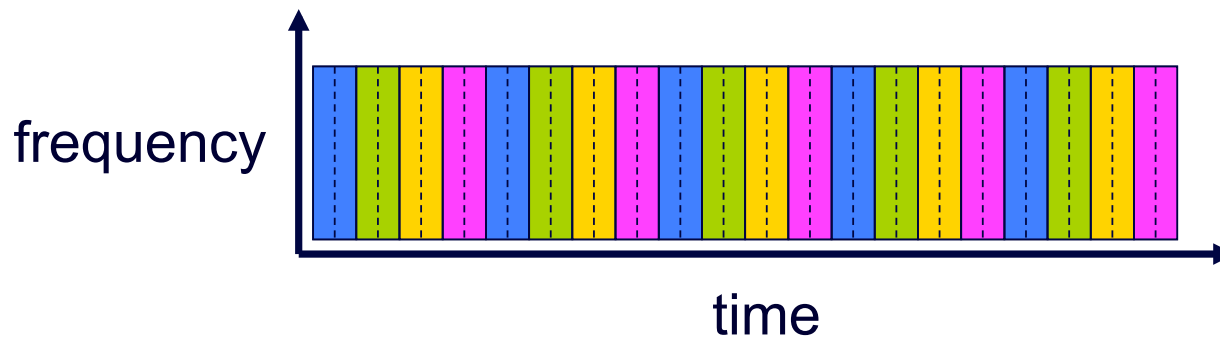
Example:

FDMA

4 users



TDMA





# Réseau coeur: commutation par paquets

---

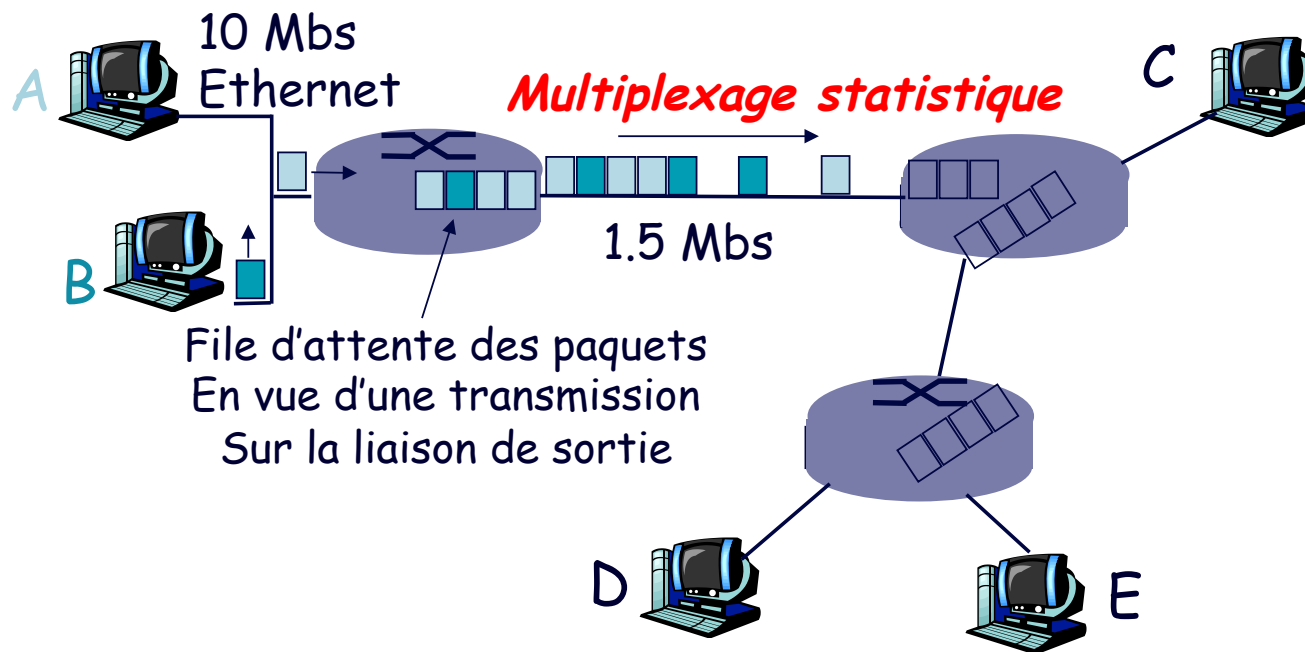
chaque flux de données est  
divisé en paquets

- les paquets des utilisateurs A, B partagent les ressources de réseau
- chaque paquet utilise la bande passante totale de lien

Problèmes de ressources:

- la demande d'agrégation de ressources peut dépasser la moyenne disponible
- congestion: paquets en file, attente pour l'utilisation de lien
- store and forward (enregistrement et retransmission)

# Commutation par paquets: multiplexage statistique

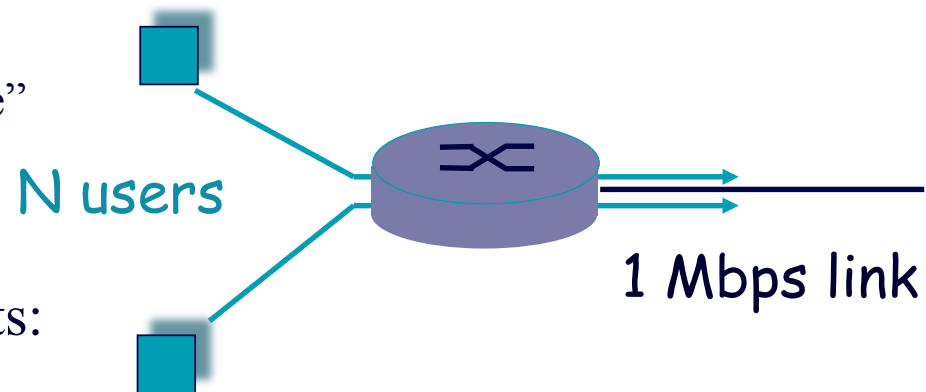


Les Séquences de paquets A & B n'ont pas les mêmes intervalles de temps alloués ➡ *multiplexage statistique.*

# Commutation par/de paquets/circuits

Par paquets permet à plusieurs utilisateurs d'utiliser le réseau!

- Liaison de 1 Mbit
- Chaque utilisateur:
  - 100 kbps quand “active”
  - actif 10% du temps



- commutation de circuits:
  - 10 utilisateurs
- commutation par paquets:
  - avec 35 utilisateurs, probabilité  $> 10$  actifs moins de 0.0004

# Commutation par paquets: store-and-forward

---

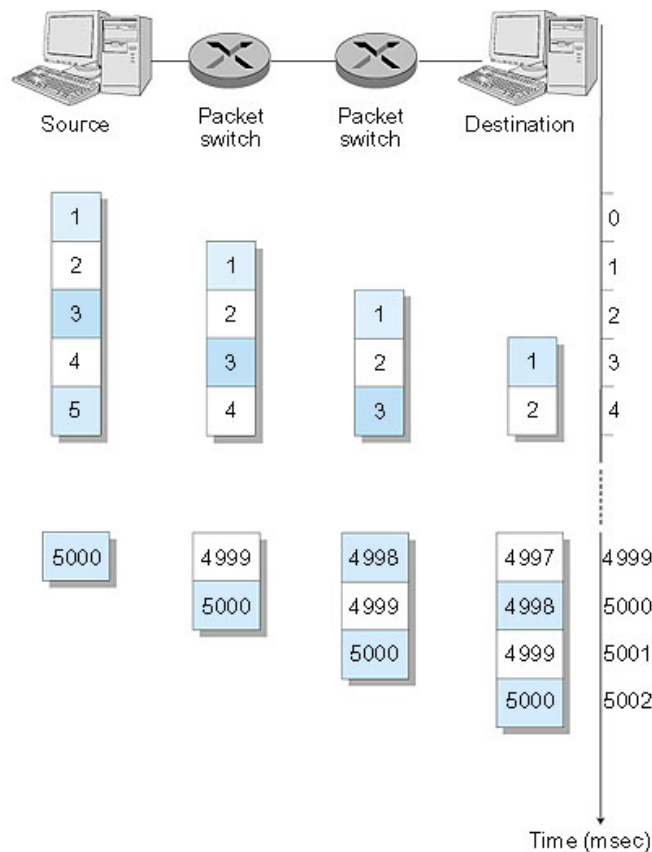


- $L$  bits : longueur de message et  $R$  débit de lien
- $\text{délai} = 3L/R$

## Exemple:

- $L = 7.5$  Mbits
- $R = 1.5$  Mbps
- $\text{délai} = 15$  sec

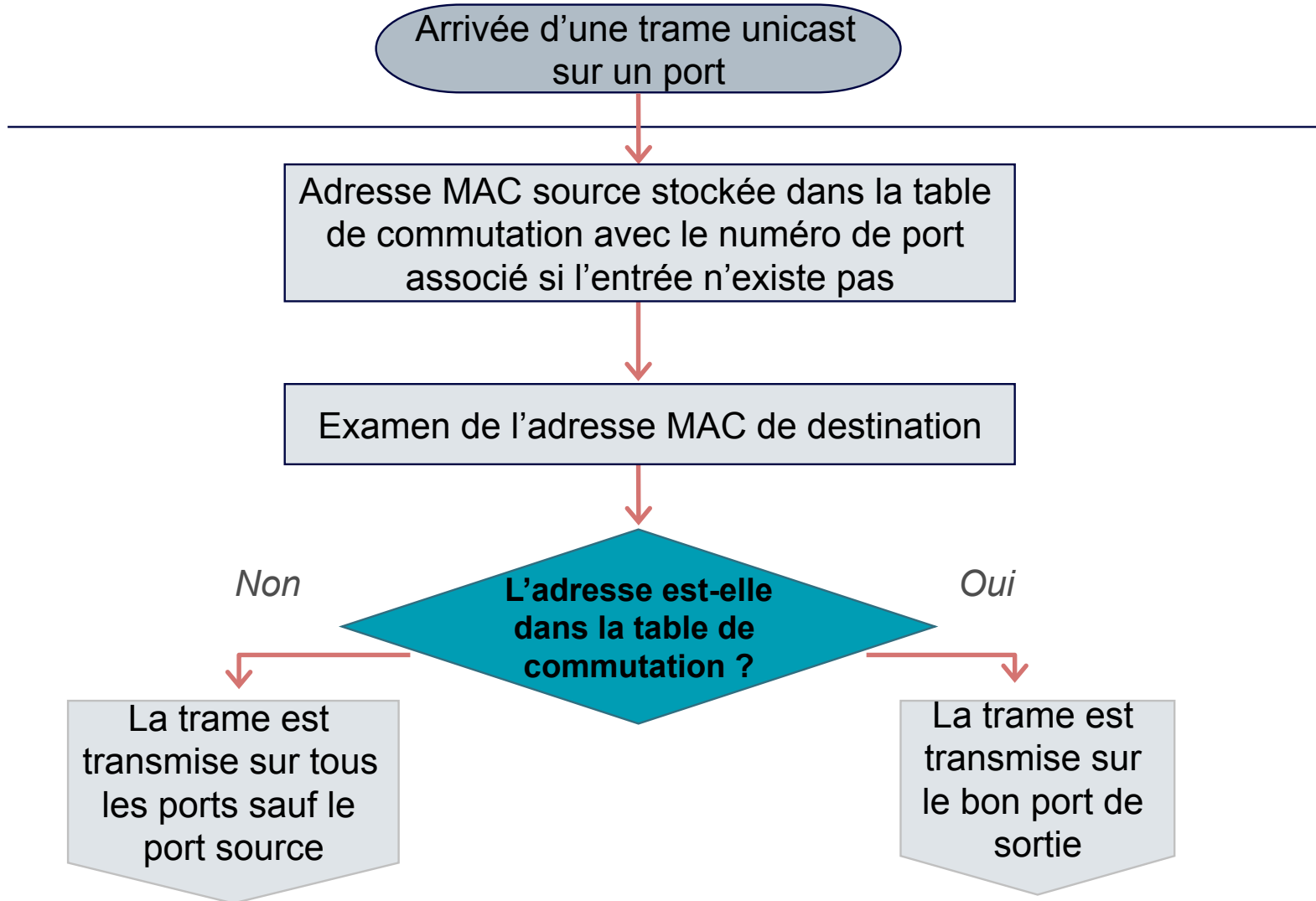
# Commutation par paquets: segmentation du Message



Découpage du message en 5000 paquets

- 1,500 bits par paquet
- 1 msec pour transmettre un paquet sur un lien
- *pipelining*: chaque lien travaille en parallèle
- Délai réduit de 15 sec à 5,002 sec

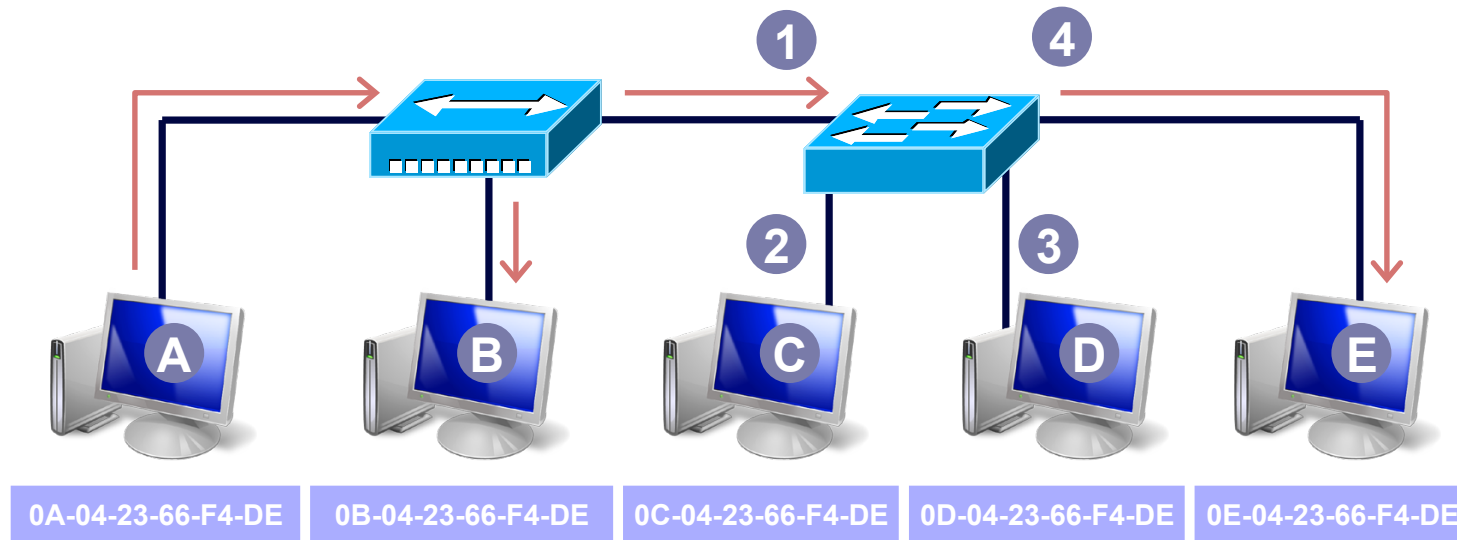
# Commutation de trames



# Commutation de trames

- A veut communiquer avec E
- La table de commutation est déjà remplie

Port	Adresse MAC
1	0A-04-23-66-F4-DE
1	0B-04-23-66-F4-DE
2	0C-04-23-66-F4-DE
3	0D-04-23-66-F4-DE
4	0E-04-23-66-F4-DE

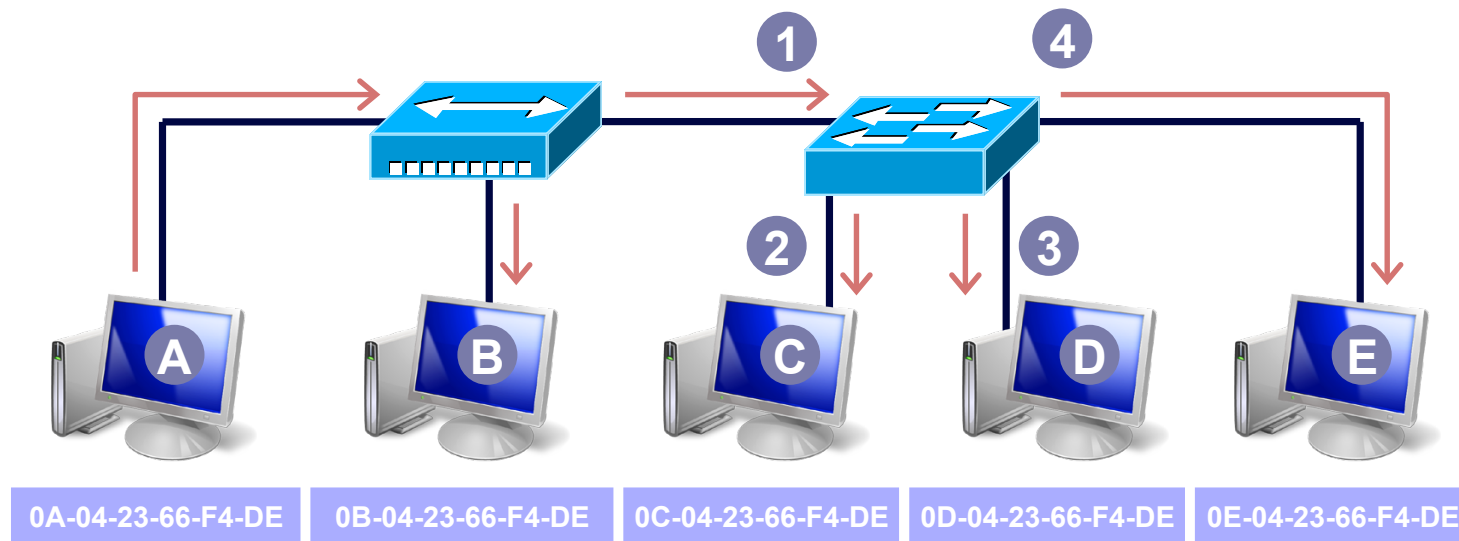




# Commutation de trames

- A veut communiquer avec E
- A connaît l'adresse MAC de E
- La table du commutateur est vide

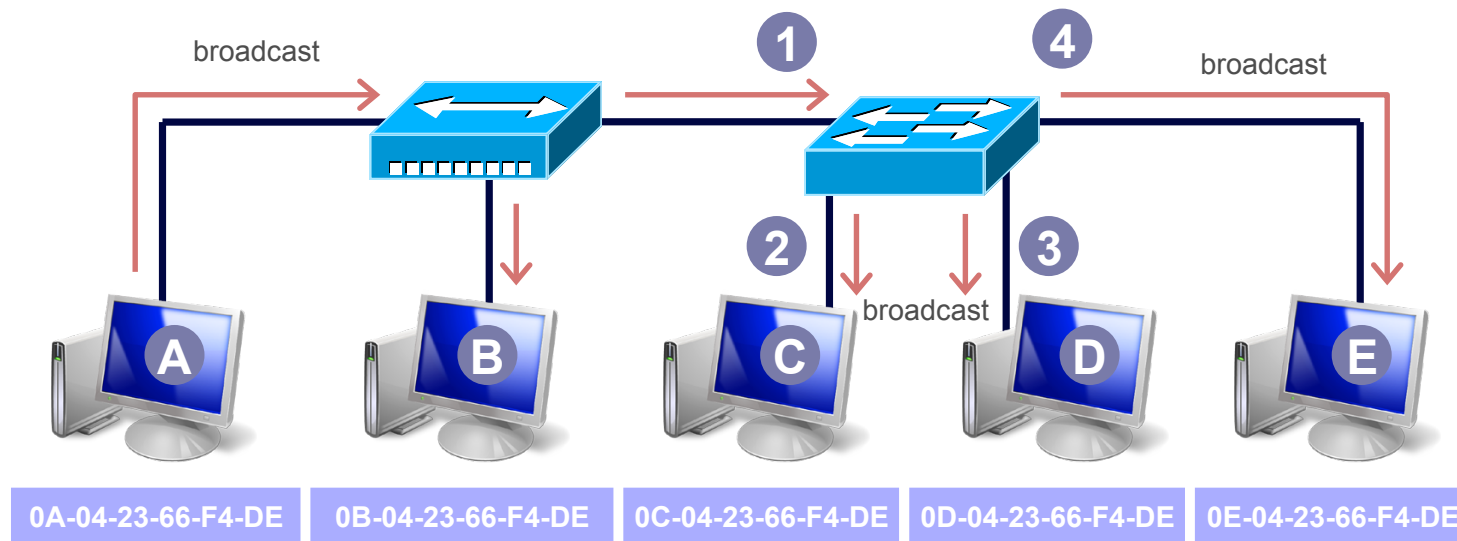
Port	Adresse MAC
1	0A-04-23-66-F4-DE
1	
2	
3	
4	



# Commutation de trames

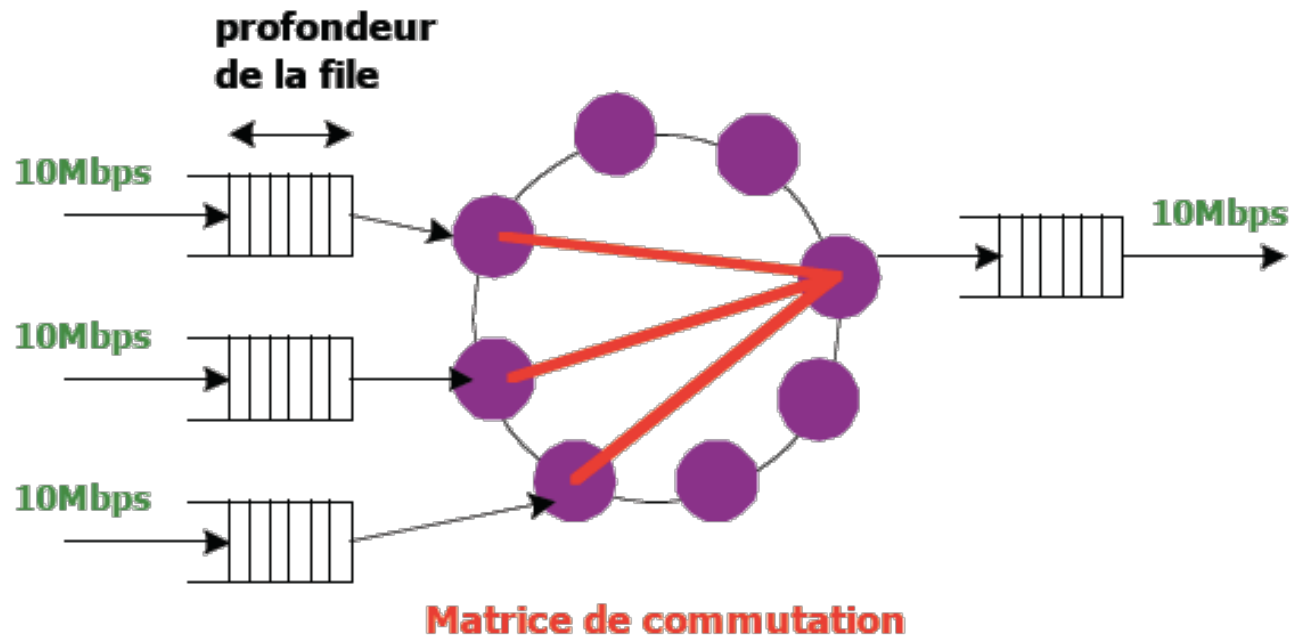
- A veut communiquer avec E
- A ne connaît pas l'adresse MAC de E
- La table du commutateur est vide

Port	Adresse MAC
1	0A-04-23-66-F4-DE
1	
2	
3	
4	



# Problème de congestion

- Plusieurs ports d'entrée peuvent simultanément être dirigés vers un même port de sortie
  - saturation des files d'attente (perte de trames)





## Problème de congestion (2)

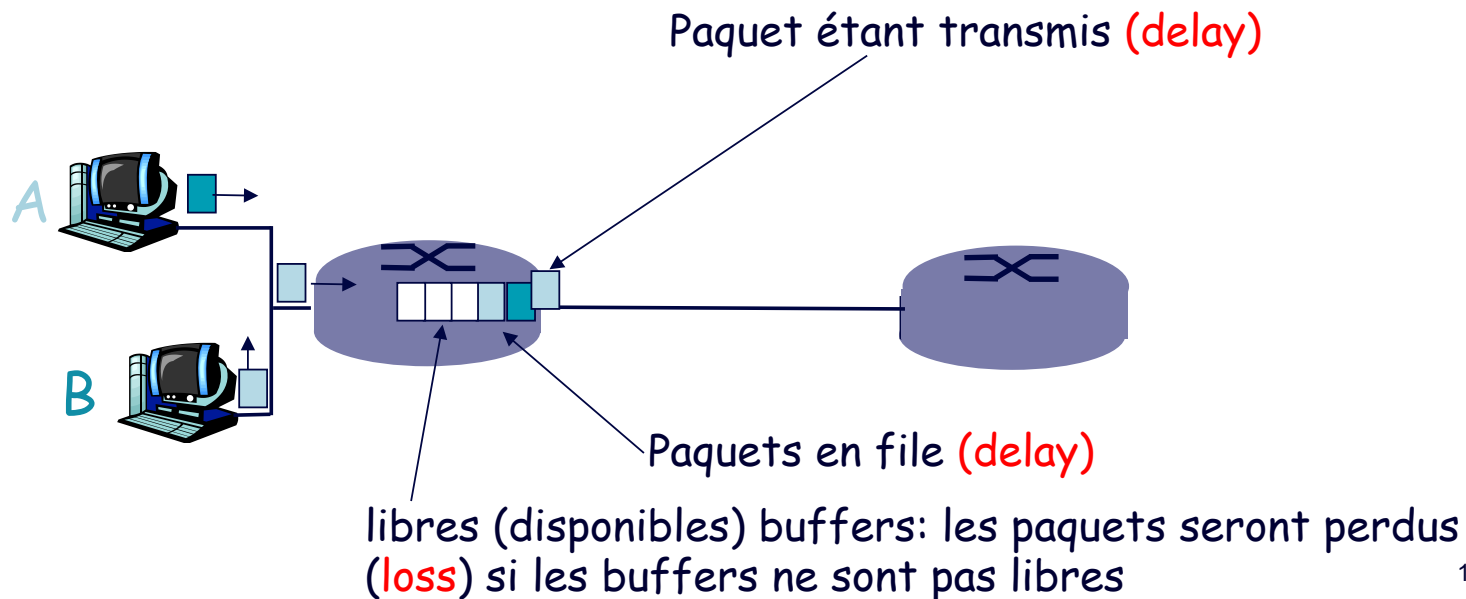
---

- Contrôle de flux "back pressure" dans certains commutateurs
  - émission de données vers les liens qui consomment trop de ressources du commutateur -> provoque l'arrêt des émissions (collisions) en CSMA/CD (ne fonctionne que pour du half-duplex)
  - en full-duplex, émission d'une trame particulière indiquant un délai pendant lequel l'équipement ne doit plus émettre de trames

# Comment la perte et le délai se produisent?

Les paquets enfilés dans les buffers du routeur

- Débit d'arrivée des paquets sur le lien dépasse la capacité de lien de sortie



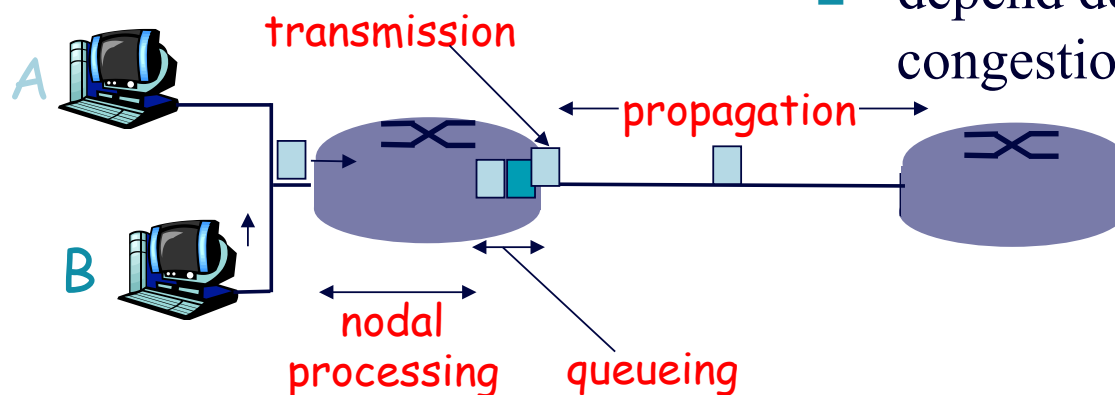
# Différents types de retards

## □ 1. temps de traitement

- contrôle d'erreurs bit
- détermine le lien de sortie

## □ 2. temps d'attente

- temps d'attente sur le lien de sortie avant transmission
- dépend de niveau de congestion de routeur



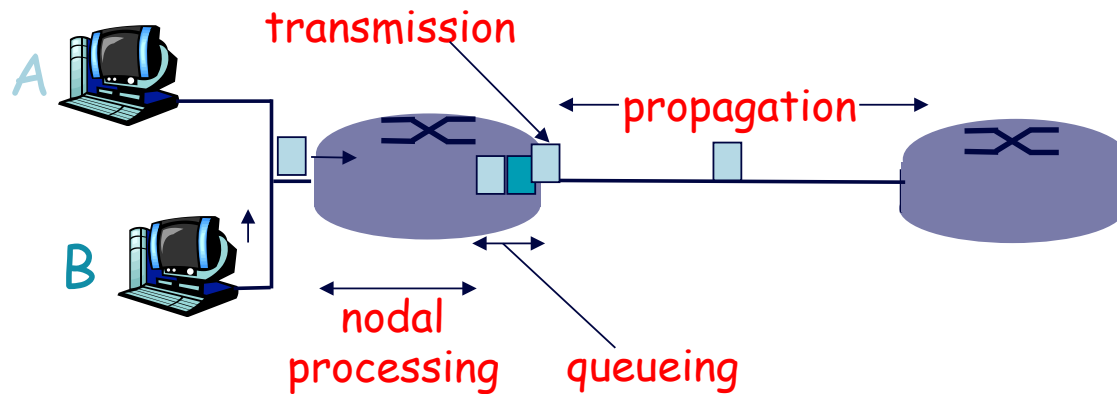
# Différents types de retards

## 3. Délai de transmission :

- $R$  = link bandwidth (bps)
- $L$  = packet length (bits)
- time to send bits into link  
 $= L/R$

## 4. Délai de propagation :

- $d$  = length of physical link
- $s$  = propagation speed in medium ( $\sim 2 \times 10^8$  m/sec)
- propagation delay  $= d/s$





# Techniques de commutation

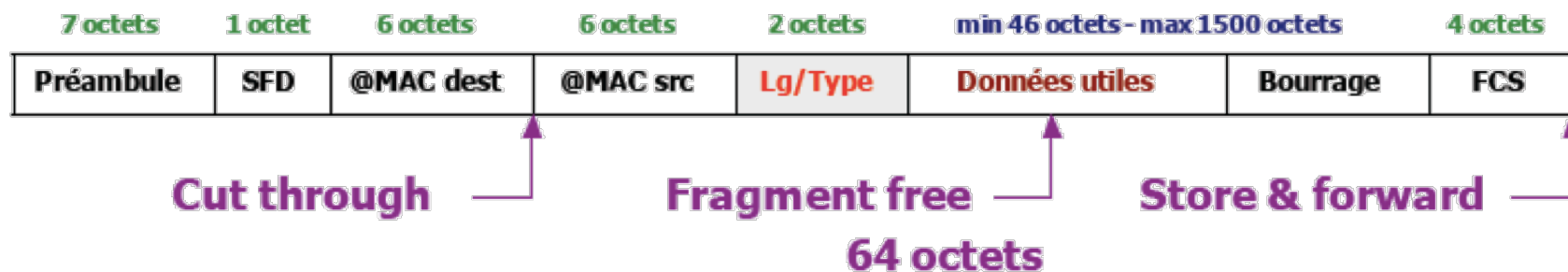
---

- Cut through ou fast forward - commutation rapide à la volée
  - dès que le port de destination est connu (premier champ de la trame Ethernet), les données sont recopiées directement vers le port de sortie
  - plus performante en terme de nombre de trames commutée par seconde.
  - elle propage les trames erronées et en particulier les trames ayant subi des collisions
  
- Store & Forward - stockage avant retransmission
  - une trame est entièrement mémorisée avant retransmission
  - permet vérification du CRC, des longueurs minimales et maximales des trames, détection des trames de collision
  - mais: mémoire sur le commutateur, délai supplémentaire



# Techniques de commutation (2)

- Variantes
  - méthode "fragment-free" : équivalent au « cut-through » mais supprime les trames trop courtes (collisions)
  - méthode au choix de l'administrateur du commutateur : la méthode est fixée par une commande
  - méthode adaptative :
    - démarrage en mode « cut-through »
    - passage en "store & forward" au delà d'un certain seuil de taux d'erreurs calculé par vérification des CRC
    - retour en mode "cut-through" en dessous du seuil





# Ethernet full-duplex

---

- ❑ Ethernet full-duplex impossible sur un support partagé avec accès CSMA/CD
- ❑ Ethernet full-duplex nécessite une liaison point à point, utilisable dans les deux sens de communication, sans méthode d'accès
- ❑ doubler la bande passante d'un réseau local
- ❑ Invalider la détection de collision



# Conclusions sur la commutation

---

- Meilleur accès au média
  - meilleur contrôle de la bande passante : le trafic est dirigé vers la station spécifiée uniquement
  - la charge du réseau est mieux répartie (segmentation du trafic)
  - moins de conflits d'accès, collisions réduites
- Les trames de diffusion sont répétées sur tous les ports
- Intelligence dans le port du commutateur
  - analyse des trames, mémorisation, prises de décision
  - temps de traversée de l'équipement plus élevé
- Deux techniques : "store & forward" et "cut through"

**RAPPEL**

---

A lire

**RAPPEL**

## Généralités Modèle OSI : Architecture en couches

---

### ○ Modèle de référence OSI

#### · Open Systems Interconnection

- modèle fondé sur un principe énoncé par Jules César :  
diviser pour mieux régner
- le principe de base est la description des réseaux sous forme d'un ensemble de couches superposées les unes aux autres
- l'étude du tout est réduit à celle de ses parties, l'ensemble devient plus facile à manipuler

# Généralités Pourquoi une architecture en couches

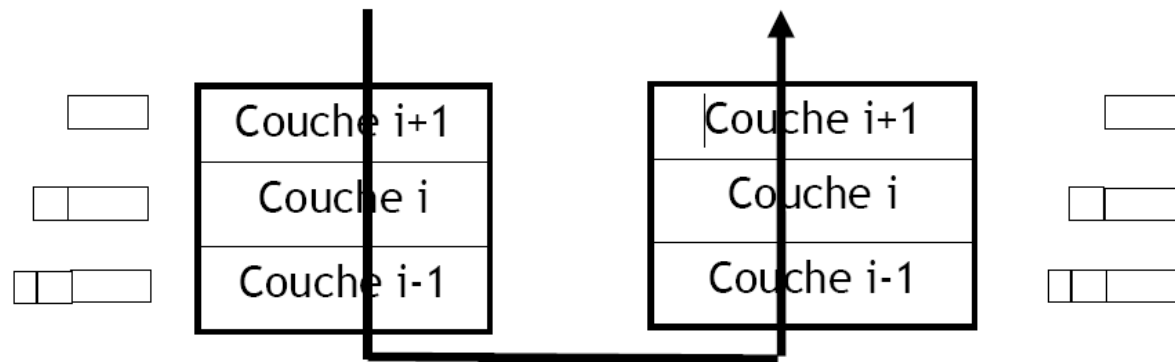
**RAPPEL**

- Lorsqu'on doit concevoir un système complexe
  - Autant de fonctions différentes => découpage en couche où chaque couche est en charge de différentes fonctions
- La modularité facilite la maintenance et la mise à jour du système
  - La modification d'une couche reste transparente au reste du système
  - Tâches identifiées pour les réseaux :
    - Support physique (envoyer des 0 et des 1)
    - Contrôle et correction d'erreurs
    - Adressage
    - Routage (différent de l'adressage ?)
    - Mise en paquet
    - Sécurité
    - Contrôle de flux
    - ...
- 2 aspects : vertical et horizontal

**RAPPEL**

## Généralités: Aspect vertical: Principe des couches

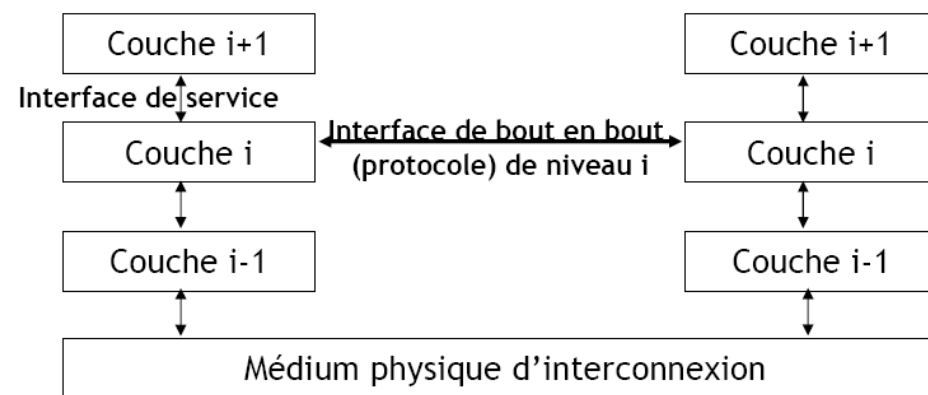
- Une couche  $i$  fournit un service à une couche  $i+1$  en s'appuyant par le service fourni par la couche  $i-1$ .
  - La couche  $i+1$  voit la couche  $i$  uniquement par le service offert.
  - La couche  $i+1$  n'a aucune vue sur la couche  $i-1$
- Abstraction pour masquer la complexité à la couche supérieure (1 couche = 1 boîte noire)
- Découpage des messages et encapsulation



# Généralités Aspect horizontal: Protocoles

**RAPPEL**

- Interface de service : définit les opérations sur le protocole
- Interface de bout en bout : définit les messages échangés avec l'entité distante
  - *2 couches de niveau i de 2 systèmes différents dialoguent avec le même protocole*
  - *Protocole = Ensemble de règles et de conventions pour la conversation*



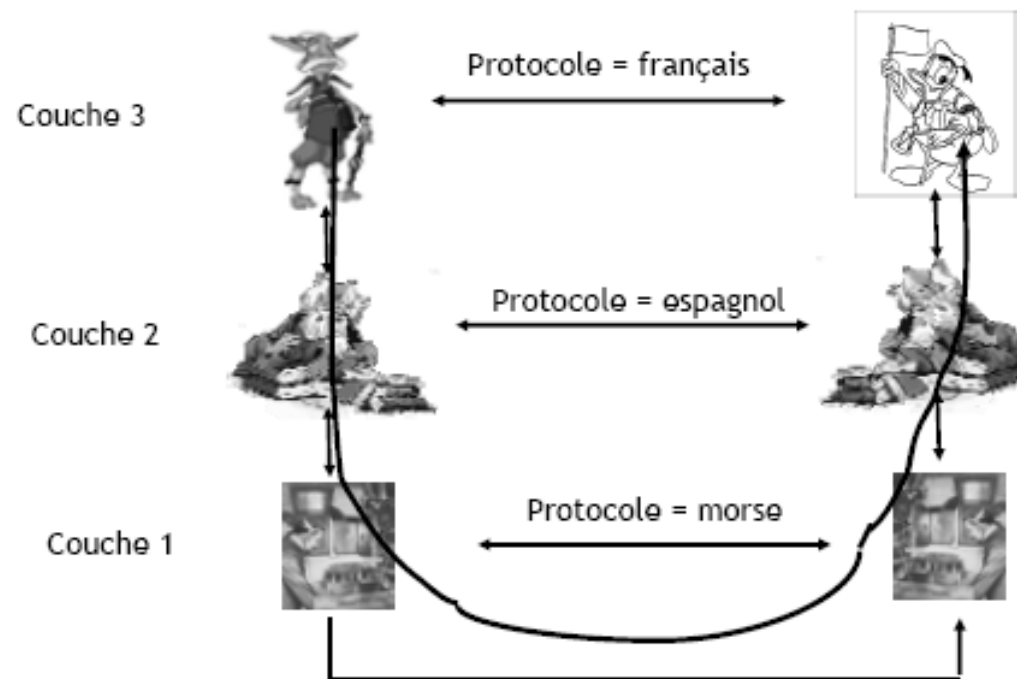


# Généralités Communications entre couches

- La couche  $i$  du système A dialogue uniquement avec la couche  $i$  du système B en utilisant un protocole de niveau  $i$ .
- Deux couches de niveau  $i$  ne peuvent dialoguer qu'en traversant les couches  $j < i$ .
- Pour mieux comprendre, un exemple :
  - Soient 2 explorateurs français, l'un en Espagne, l'autre en Bolivie
  - Ils ne peuvent parler directement car ils ne savent pas utiliser le télégraphe => *médium de transmission*
  - Ils ont besoin d'un technicien pour envoyer et recevoir les infos. => *couche de niveau 1*
  - Ils ne parlent pas espagnols, ils ont besoin d'un interprète. => *couche de niveau 2*

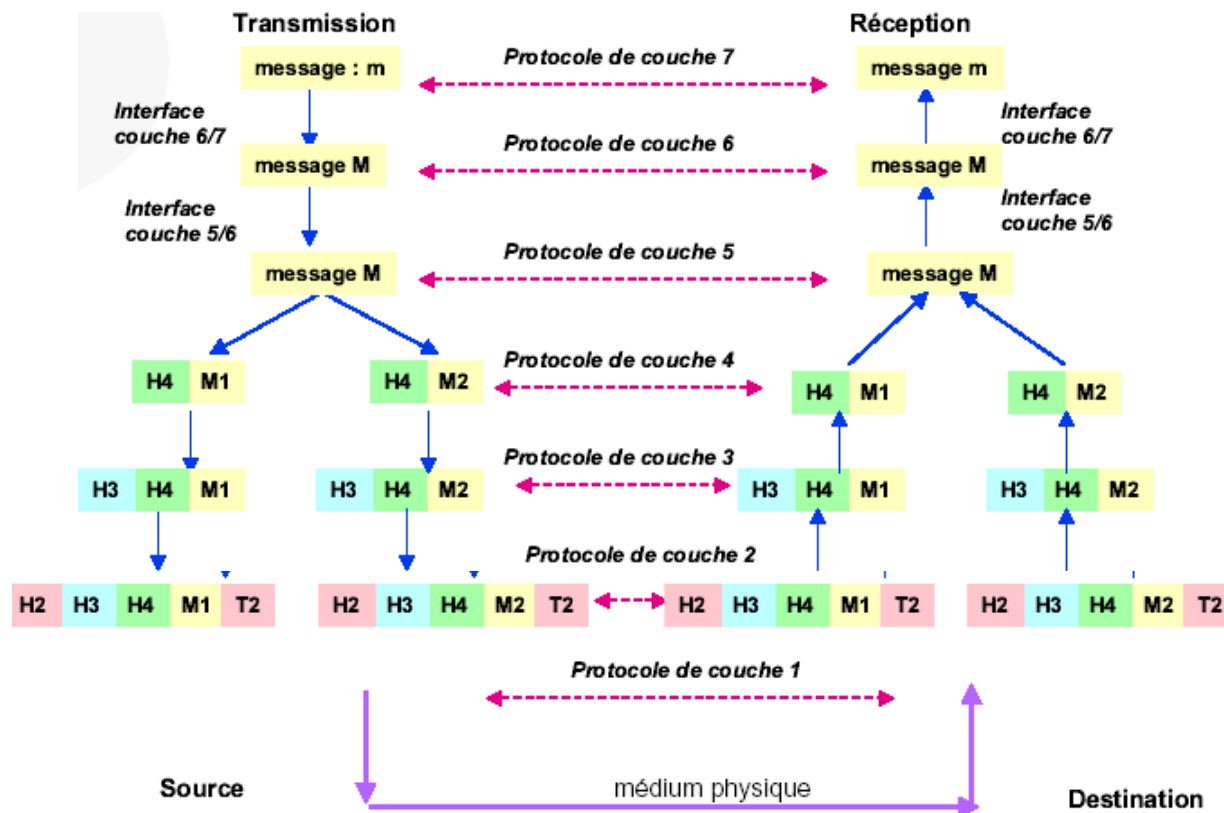
# Généralités Communications entre couches

- Les explorateurs (niveau 3) communiquent en traversant les couches.



# Généralités

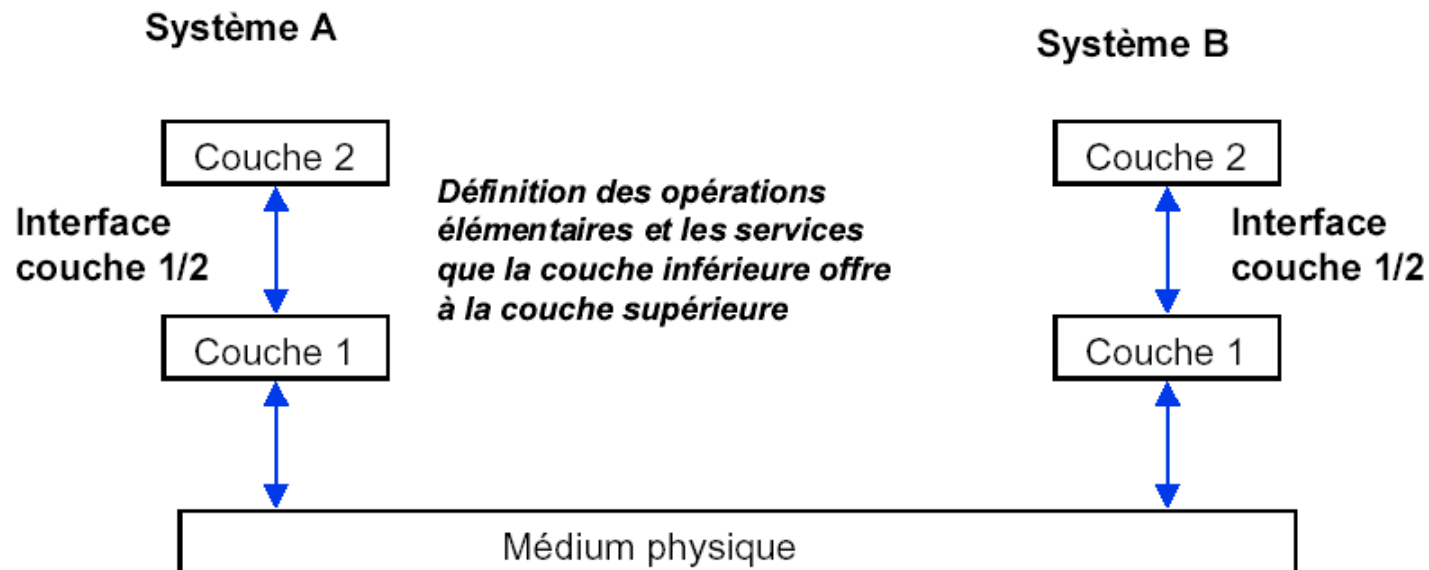
**RAPPEL**



# Généralités

**RAPPEL**

- Organisation en séries de couches ou niveaux.
  - leur nombre, leur nom, leur fonction varie selon les réseaux
  - l'objet de chaque couche est d'offrir certains services aux couches plus hautes
    - ces dernières ne connaissant pas la mise en oeuvre de ces services.



# Modèles de référence

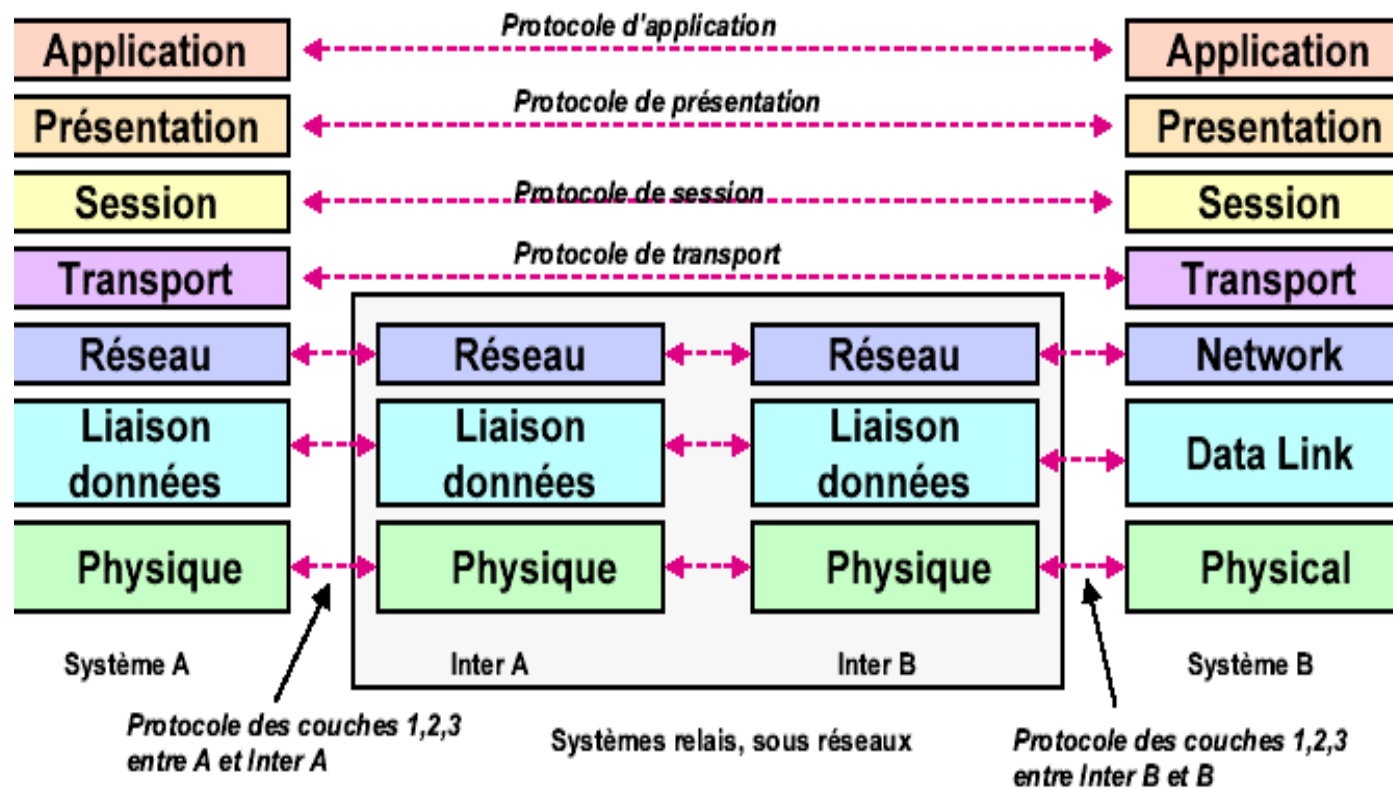
---

**RAPPEL**

- Le modèle OSI
  - Norme
  - Très précis
  - Vaste
- Le modèle Internet ou TCP/IP
  - Standard de fait
  - Plus ciblé
  - Plus pratique
  - Imposé par sa simplicité
- Tous 2 des modèles de couches

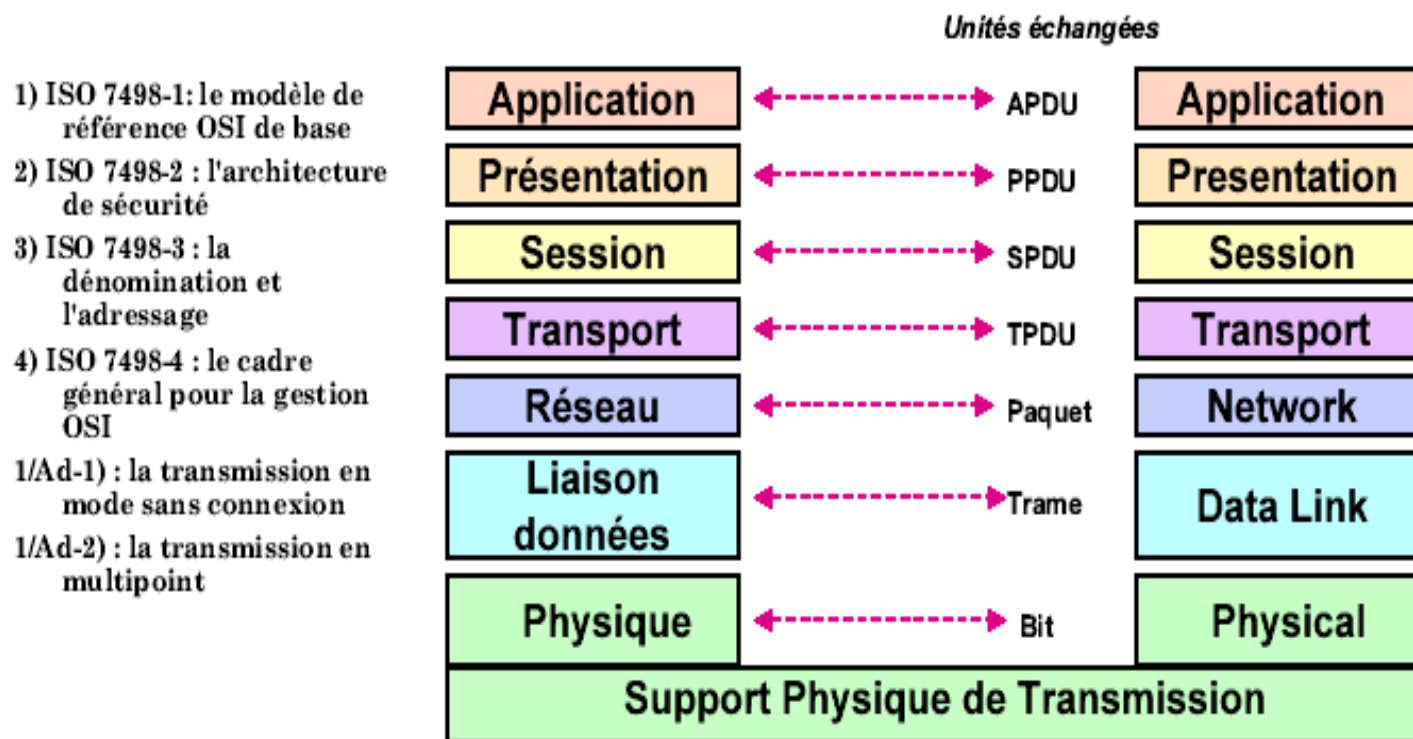
# OSI : Modèle de Référence

**RAPPEL**



# OSI : Modèle de Référence

**RAPPEL**

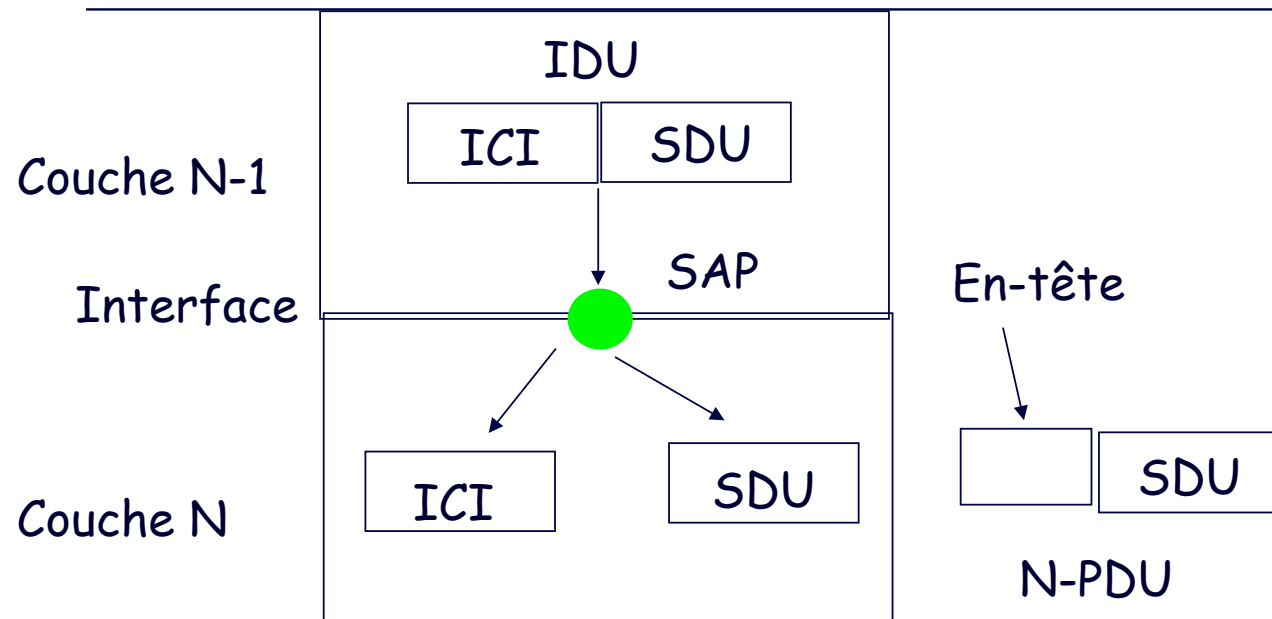


- 1) ISO 7498-1: le modèle de référence OSI de base
- 2) ISO 7498-2 : l'architecture de sécurité
- 3) ISO 7498-3 : la dénomination et l'adressage
- 4) ISO 7498-4 : le cadre général pour la gestion OSI
- 1/Ad-1) : la transmission en mode sans connexion
- 1/Ad-2) : la transmission en multipoint

PDU : Protocol Data Unit

# OSI: SAP-SDU-PDU

**RAPPEL**



IDU: Interface Data Unit  
ICI: Interface Control Information  
SDU: Service Data Unit  
SAP: Service Access Point  
N-PDU: N-Protocol Data Unit



# Le Modèle OSI

**RAPPEL**

N	Nom	Fonctions de la couche
3	Réseau	Elle réalise l'acheminement et le routage (choix d'un chemin) des informations au travers du réseau.
2	Liaison	Elle permet le transfert fiable de données entre systèmes adjacents (directement connectés). Elle détecte et corrige des erreurs de transmission. Elle contrôle et régule le flux d'information sur la liaison.
1	Physique	Elle décrit les interfaces mécaniques et électriques et les protocoles d'échange des bits. Par exemple elle définit les modalités de transmission (half ou full duplex), le type de liaison (parallèle ou série), le codage des informations, le fonctionnement des interfaces électriques, etc.

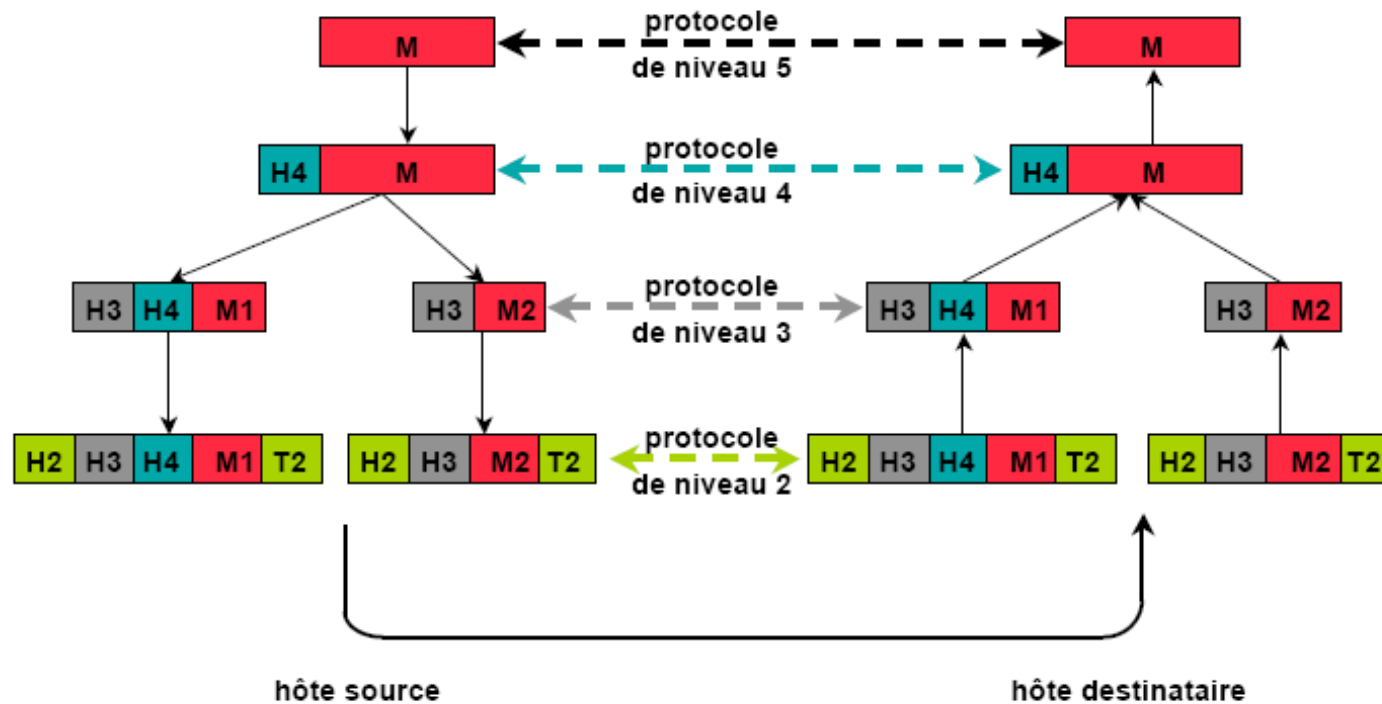
# Le Modèle OSI

**RAPPEL**

N°	Nom	Fonctions de la couche
7	Application	Elle définit les mécanismes communs aux applications et la signification des informations échangées.
6	Présentation	Elle se préoccupe de la syntaxe, compression, cryptage.
5	Session	Elle fournit les outils de synchronisation et de gestion du dialogue entre les entités communicantes.
4	Transport	Elle fournit les moyens de transport d'information d'un bout à l'autre d'un réseau entre deux utilisateurs situés dans des systèmes différents, indépendamment des caractéristiques du réseau réellement utilisé et de la présentation des données.

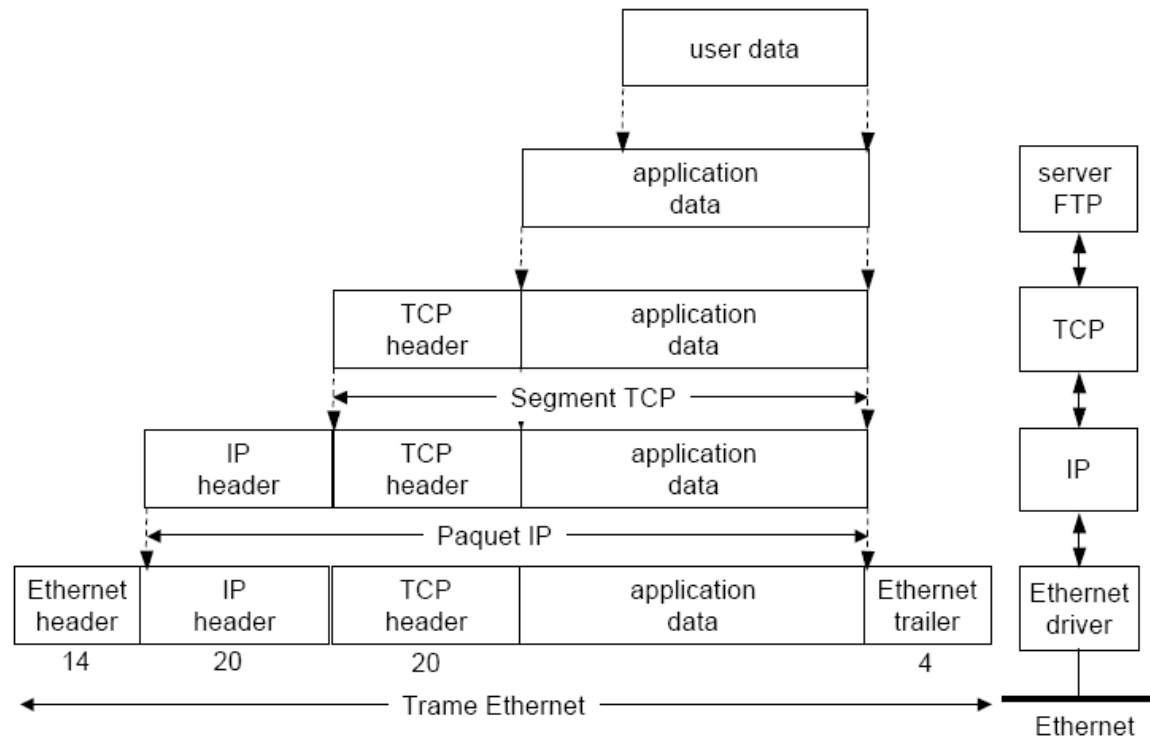
# Encapsulation / Décapsulation

**RAPPEL**



# Encapsulation TCP/IP : exemple

**RAPPEL**



**FIN DU RAPPEL**

---