

Les Réseaux

Prof. Rami Langar

LIGM/UPEM

Rami.Langar@u-pem.fr

<http://perso.u-pem.fr/~langar>

Organisation

- 20 heures de cours
- 12 heures de travaux dirigés
 - 6 séances de 2 heures
- 8 heures de travaux pratiques
 - 2 séances de 4 heures
- 1 CC : 30%
- 1 Examen : 50%
- 1 TP : 20%

Objectives pédagogiques

- Acquérir une culture générale des réseaux et une bonne connaissance de l'Internet
 - Architectures des réseaux et l'Internet
 - Applications (Web, DNS)
 - Protocoles de transport (TCP et UDP)
 - Protocole IP, adressage, routage
 - Ethernet
 - WiFi

Références

- Analyse structurée des réseaux, 2^{ème} 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
- ...

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

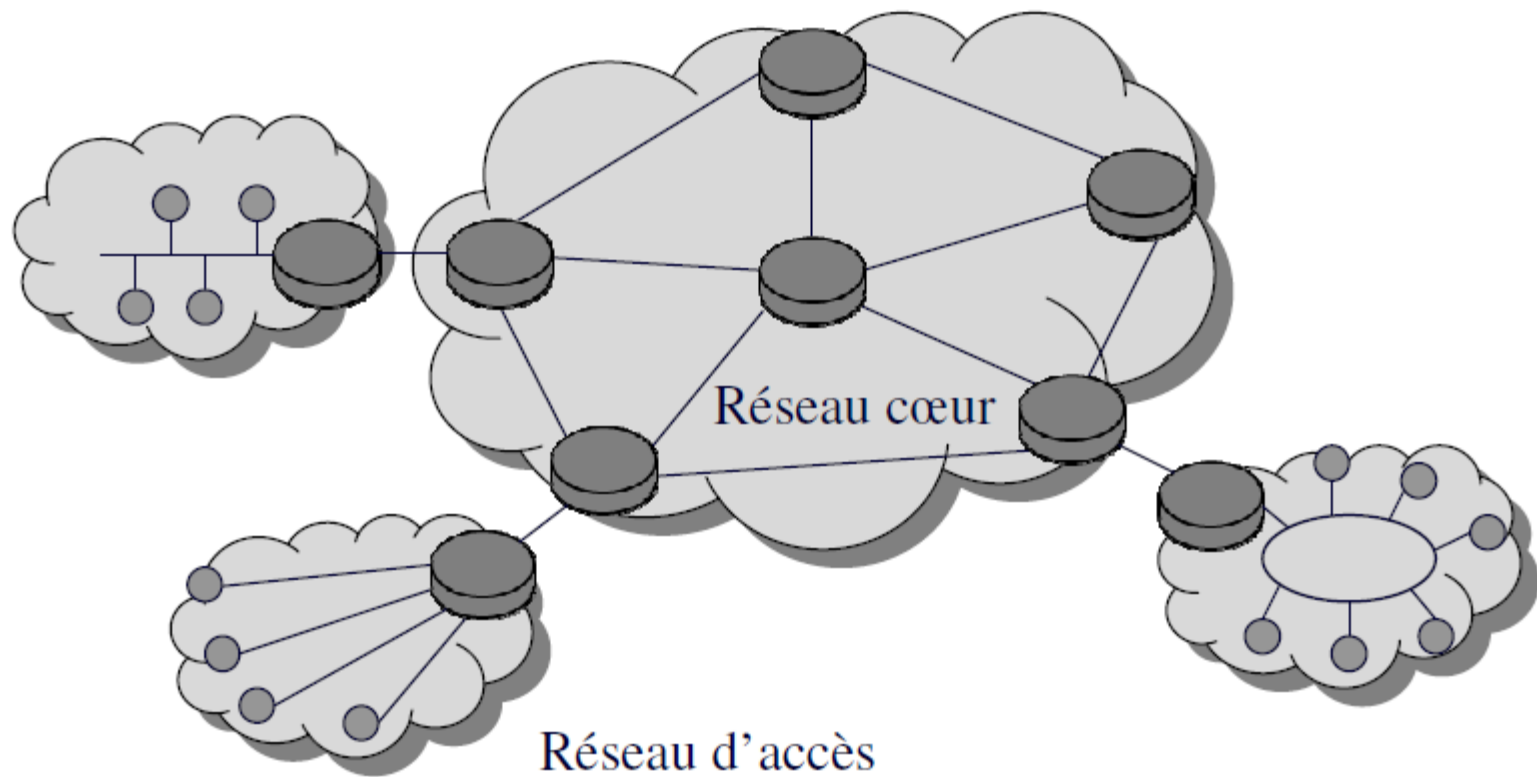
- Système-terminal, hôte ou noeud du réseau

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).

Un réseau ...



Structure des réseaux

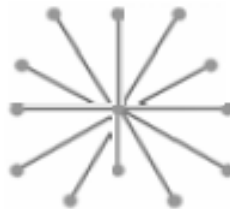
□ Deux types de réseaux

■ 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



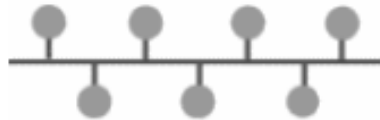
Arbre / structure
hiérarchique

Structure des réseaux

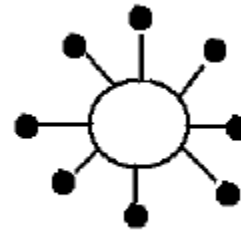
□ Deux types de réseaux

■ 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 :

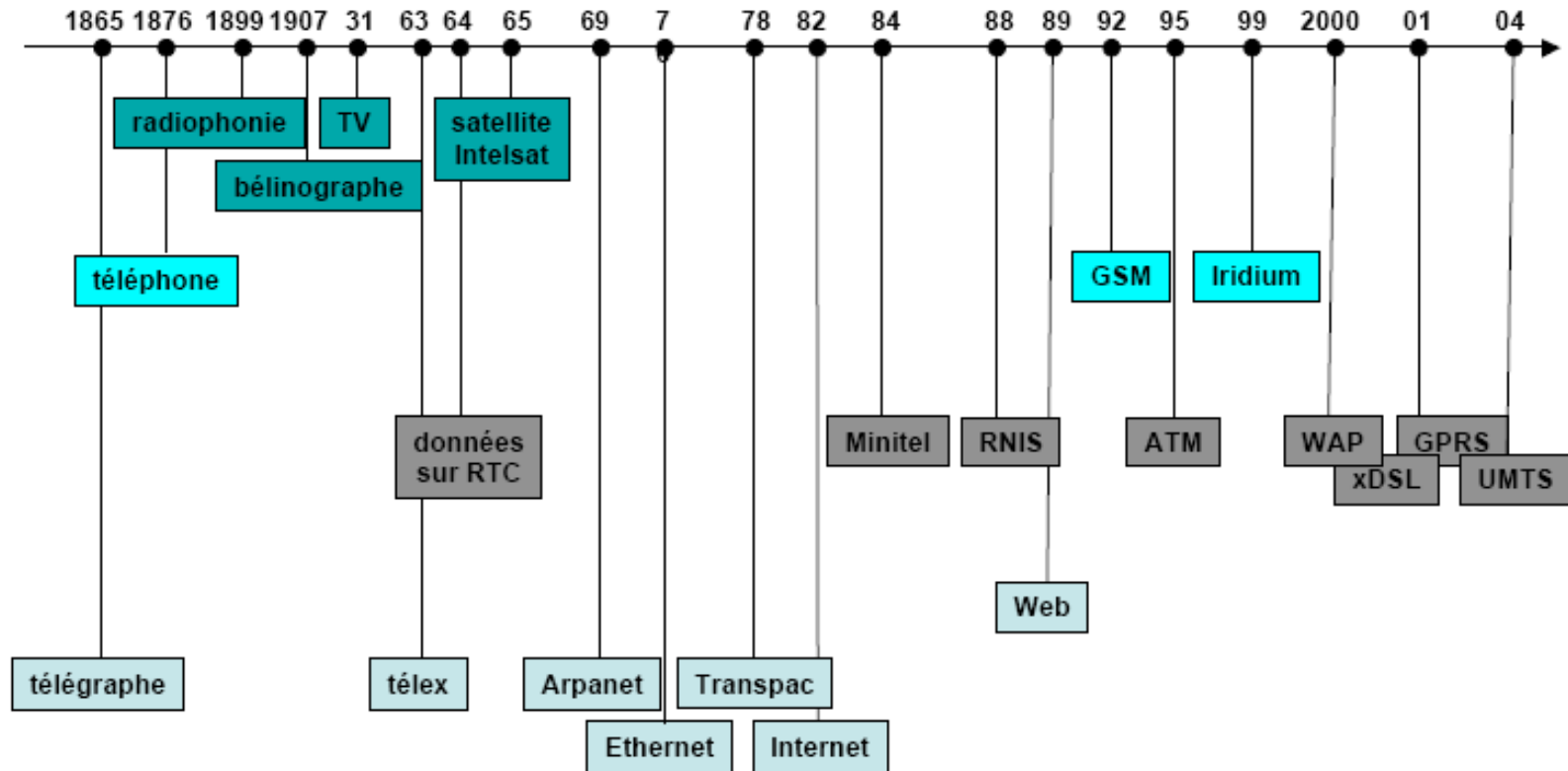


Bus



Anneau

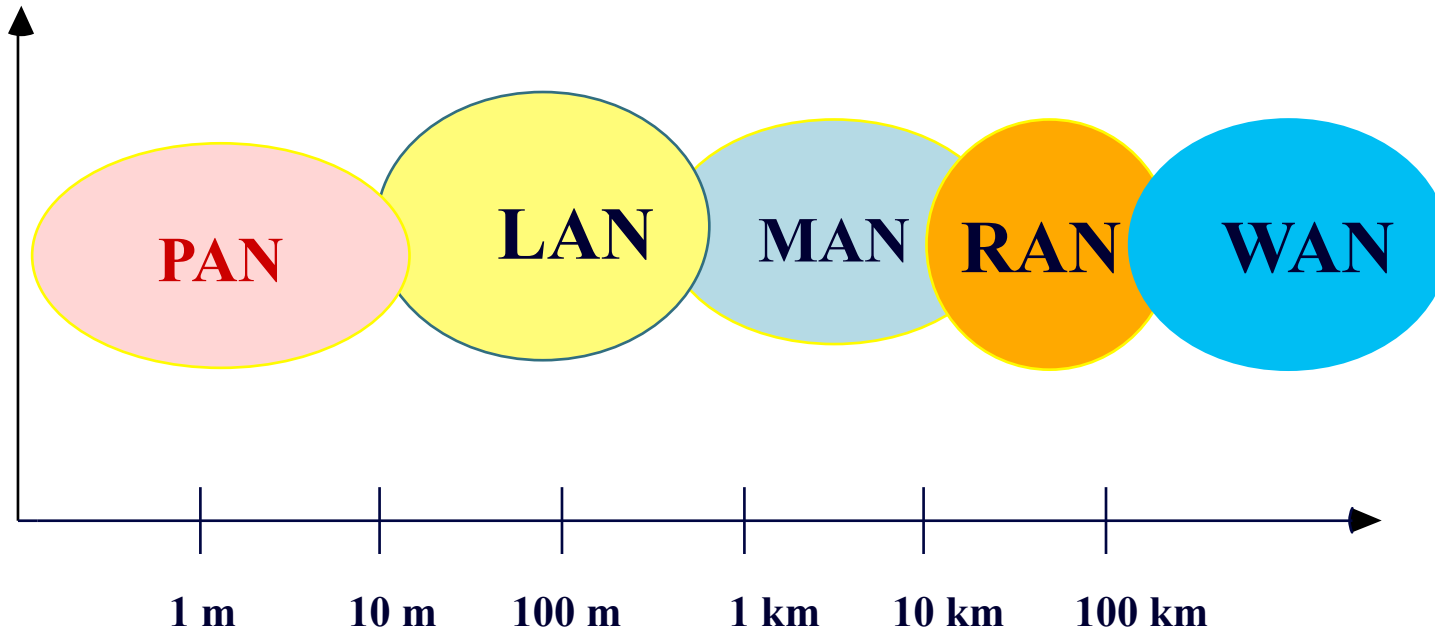
Quelques dates...



Classifications des réseaux

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

Taille des réseaux



- PAN Personal Area Network
- LAN Local Area Network
- MAN Metropolitan Area Network
- RAN Regional Area Network
- WAN Wide Area Networks

Classification par taille

❑ PAN – Personal Area Network (portée entre 1m et 10m)

Interconnectent sur quelques mètres des équipements personnels tels que les téléphones portables, PALM, PDA, oreillettes, domotique, auto-radio, etc...

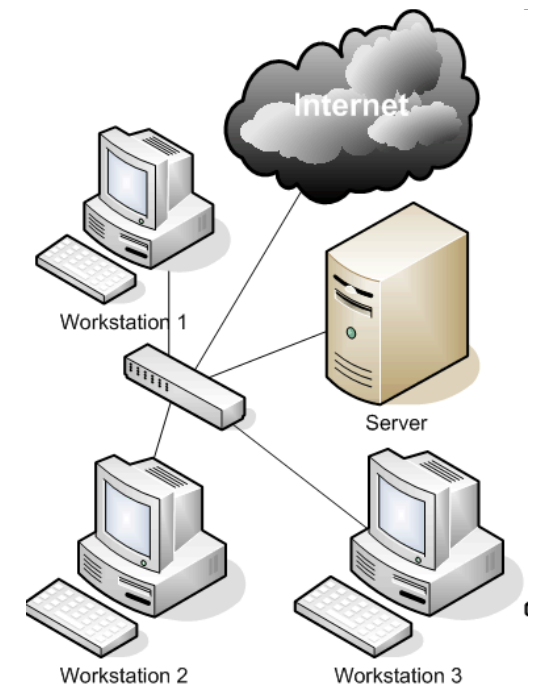
❑ Technologies :

- USB
- bluetooth
- infra-rouge
- ...



Classification par taille

- LAN – Local Area Network (portée entre 10 m et 1km)
 - Correspondent aux réseaux d'entreprises, réseaux de campus ou équivalents.
 - Tailles restreintes
 - Débits de 10Mbps à 10Gbps
 - Topologies les plus utilisées : bus, anneau, étoile
- Technologies :
 - Ethernet
 - Token ring
 - WiFi
 - ...



Classification par taille

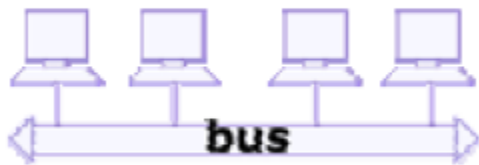
- MAN – Metropolitan Area Network (portée jusqu' à 10km)
 - Réseau couvrant une ville.
 - Interconnexion des entreprises, campus, et éventuellement de particuliers.
 - Haut débit, très important dans le coeur de réseau, redistribué en de moindres mesures aux extrémités.
 - Gérés généralement par une entreprise.
- Technologies :
 - ATM
 - FDDI
 - Wi-MAX
 - ...

Classification par taille

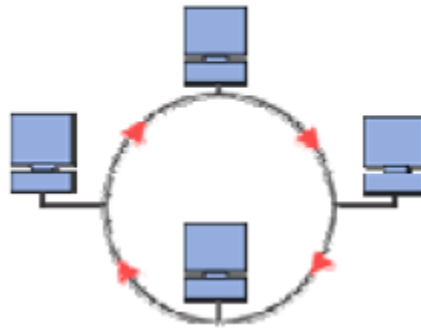
- WAN – Wide Area Network (portée jusqu' à 100km)
 - Réseau longue distance (de l'ordre du pays)
 - Peuvent être des réseaux terrestres (essentiellement de la fibre optique), ou hertziens (comme les réseaux satellitaires).
- Technologies :
 - ATM
 - X25
 - Frame Relay
 - MPLS
 - Satellite
 - ...

Classification par topologie

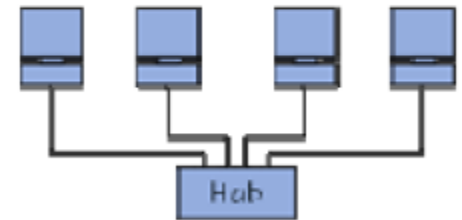
bus



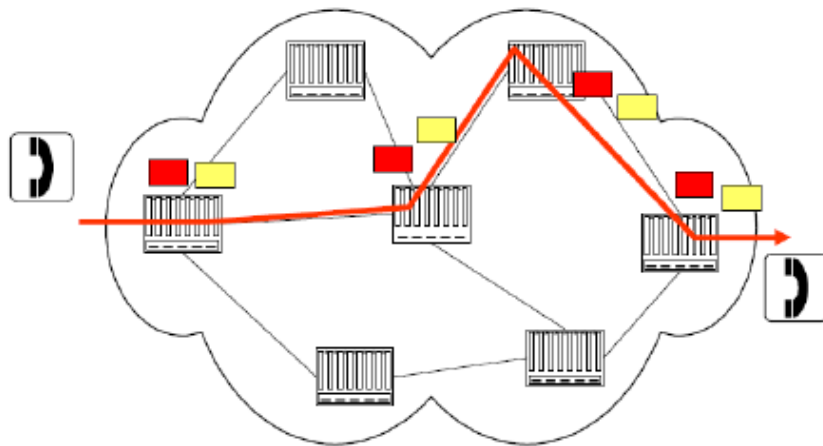
anneau



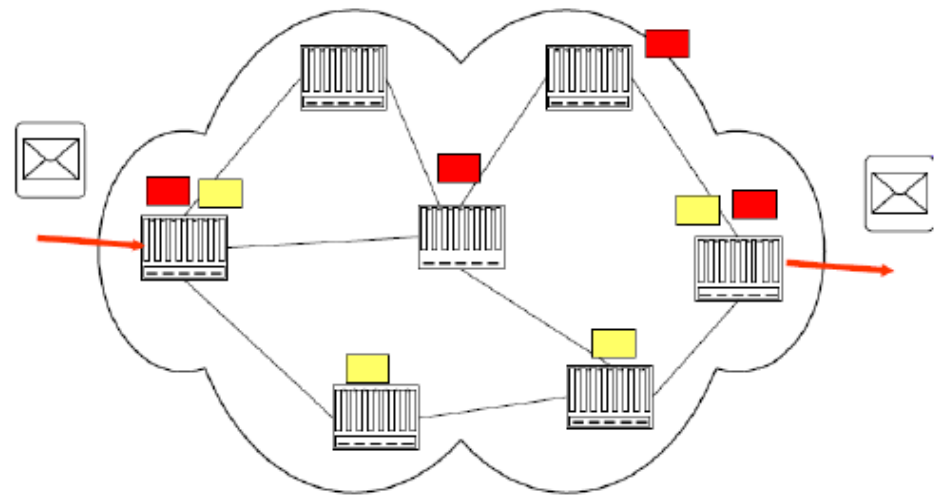
étoile



Classification par la technique de transfert



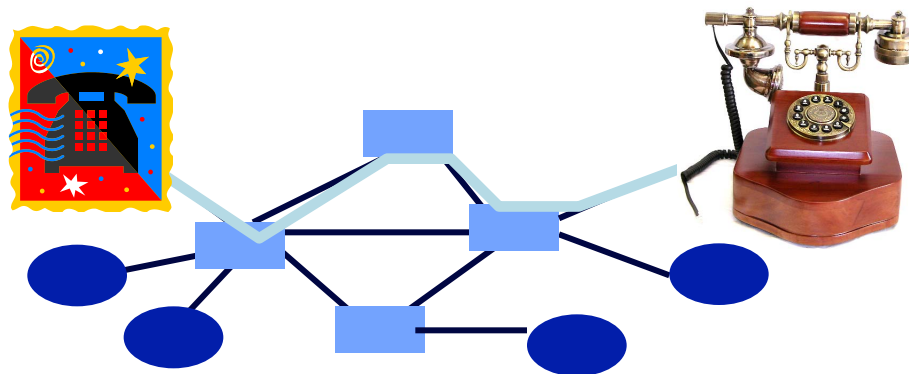
Réseau à commutation



Réseau à routage

Commutation de circuit (e.g., RTC)

- ❑ Source établit une connexion vers le destinataire
 - Nœuds intermédiaires enregistrent les informations liées à la connexion, et peuvent réserver des ressources pour la connexion
- ❑ Source envoie les données le long de la connexion
 - Pas d'@ de destination, puisque les nœuds connaissent le chemin à suivre.
- ❑ Clôture de la connexion:
 - Source termine la connexion une fois terminée.



Synchronous Time Division Multiplexing (TDM)

- ❑ Utilisée pour des signaux numériques ou analogiques transportant des données numériques.
- ❑ Signaux numériques entrelacés en temps.
- ❑ Données en termes de bits ou bloc d'octets (typiquement 1 octet).
- ❑ Séquence de slots dédiés à une seule source est appelée: canal
- ❑ TDM est appelée synchrone:
 - Time slots assignés aux sources sont fixes.
 - Time slots d'une source sont transmis même si la source n'a pas de données à envoyer.
- ❑ E.g., RTC

Système de transport numérique

- ❑ Hiérarchie de TDM
- ❑ USA/Canada/Japan utilise un seul système, ITU-T (Europe) utilise un système similaire.
- ❑ Système Européen basé sur le format E-1
 - Trame de longueur 125 microsec.
 - Multiplexage de 32 canaux (30 voix, 2 synchronisation/signalisation)
 - Chaque trame contient 8 bits par canal.
- ❑ US system basé sur le format DS-1
 - Trame de longueur 125 microsec.
 - Multiplexage de 24 canaux
 - Chaque trame contient 8 bits par canal plus un framing bit: 193 bits par trame.

Inconvénients de commutation de circuit

- ❑ Bande passante perdue
 - Trafic en rafale entraine connexion inactive pendant une période OFF (silencieuse)
 - TDM: slot transmis même s'il n'y a pas de données à envoyer!!
 - Pas de gains tangible comme le multiplexage statistique
- ❑ Connexions bloquées
 - Refus de connexion lorsque les ressources disponible sont insuffisante!
- ❑ Délai d'établissement de connexion
 - Pas de communications jusqu'à ce que la connexion est établie.
- ❑ Etat du réseau
 - Nœuds du réseau doivent enregistrer les informations liées à une connexion.

Commutation de paquet

- Commutation de circuit est bien adaptée à la voix
 - Ressources dédiées à une connexion.
 - La plupart du temps, la connexion est inactive!
 - Débit des données est fixée!
 - Les deux extrémités doivent opérer avec le même débit!
- Solution: commutation de paquet.

Commutation de paquets: opérations de base

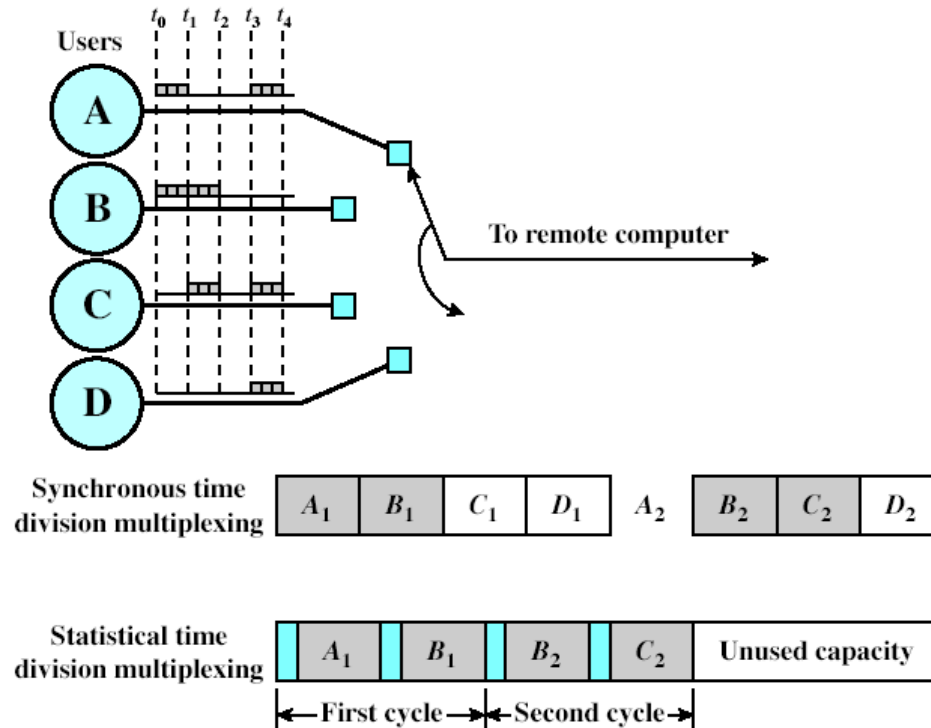
- ❑ Trafic data divisé en paquets
 - Data transmis en paquet de petite taille (typiquement 1000 octets)
 - Les messages plus long sont divisés en une série de paquets
 - Chaque paquet contient une portion de données utilisateurs + données de contrôle
- ❑ Données de contrôle
 - Infos de routage (adressage)
- ❑ Paquets circulent indépendamment dans le réseau
 - Transfert des paquets basé sur l'en-tête :
 - ❑ Utilisation d'une adresse IP complète pour le forwarding (pas de signalisation)
=> routage avec des datagramme IP (e.g., Internet)
 - ❑ Utilisation d'une référence ou label contenue dans l'en-tête : trace un "Circuit Virtuel" en utilisant des messages de signalisation (e.g., ATM),
 - Nœuds du réseau peuvent enregistrer les paquets temporairement: Store and Forward
- ❑ Destination reconstruits le message

Routage

- Réseaux à datagrammes (e.g., Internet)
 - Pas de phase de connexion ni de réservation de ressources.
 - Chaque paquet est émis de manière indépendante.
 - Chaque nœud maintient une table de routage pour aiguiller le paquet individuellement.
 - Plusieurs paquets d'un même message peuvent suivre des routes différentes.
 - Les paquets peuvent arriver dans un ordre différent que celui dans lequel ils ont été émis.
 - Plusieurs paquets peuvent arriver en même temps sur un hôte
 - Files d'attente.

Multiplexage statistique

- Dans TDM synchrone, plusieurs slots sont perdus ou inutilisés
- TDM statistique alloue les time slots dynamiquement, sur demande.
- Multiplexeur scanne les lignes d'entrée et collecte les données jusqu'à ce que la trame soit pleine.
- Pas de slot réservé.
- Overhead/slot pour TDM statistique puisque chaque slot contient des données et une adresse.
- Problème de saturation en période pleine:
 - Buffériser les données avant transmission



Modèles de référence

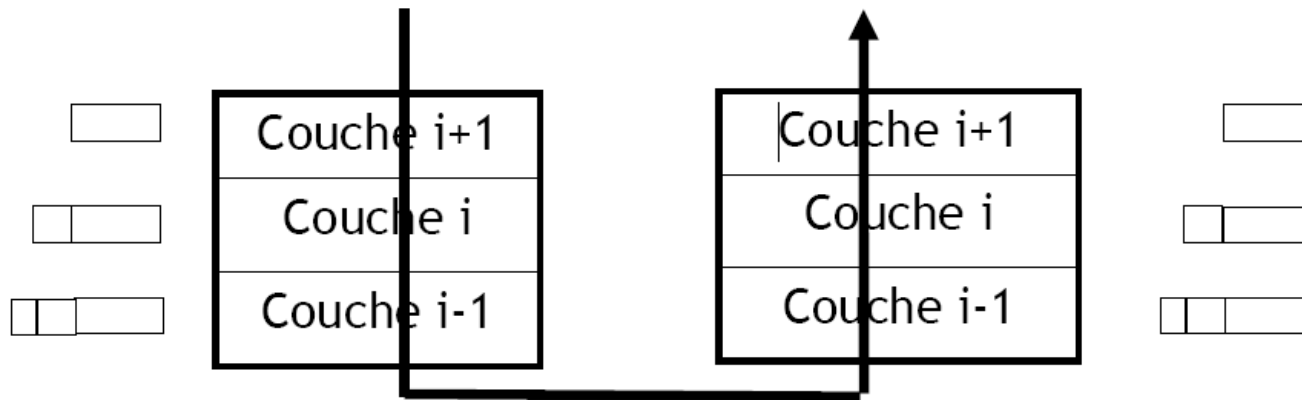
- ❑ Le modèle OSI
 - Norme
 - Très précis
 - Vaste
- ❑ Le modèle Internet ou TCP/IP
 - Standard de fait
 - Plus ciblé
 - Plus pratique
 - Imposé par sa simplicité
- ❑ Tous 2 des modèles de couches

Pourquoi une architecture en couches

- 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

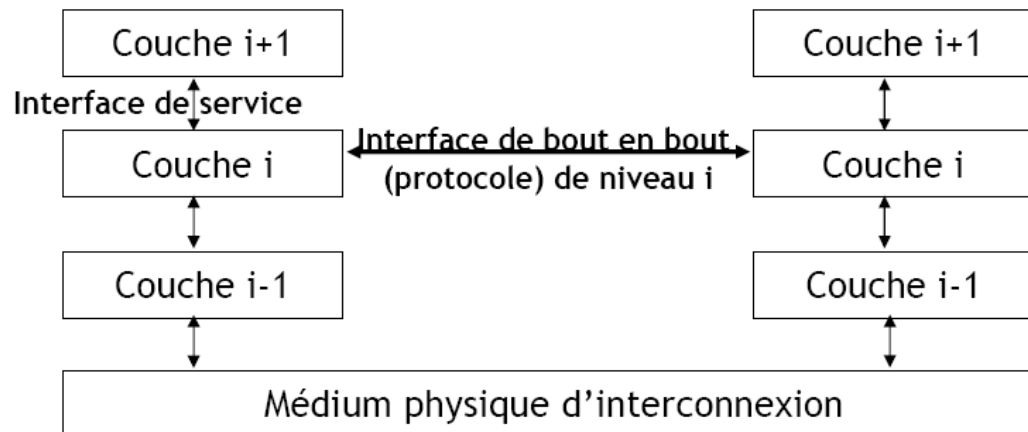
Aspect vertical: principe des couches

- 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



Aspect horizontal: Protocoles

- ❑ 2 couches de niveau i de 2 systèmes différents dialoguent avec le même protocole
- ❑ Protocole = Ensemble de règles et de conventions pour la conversation

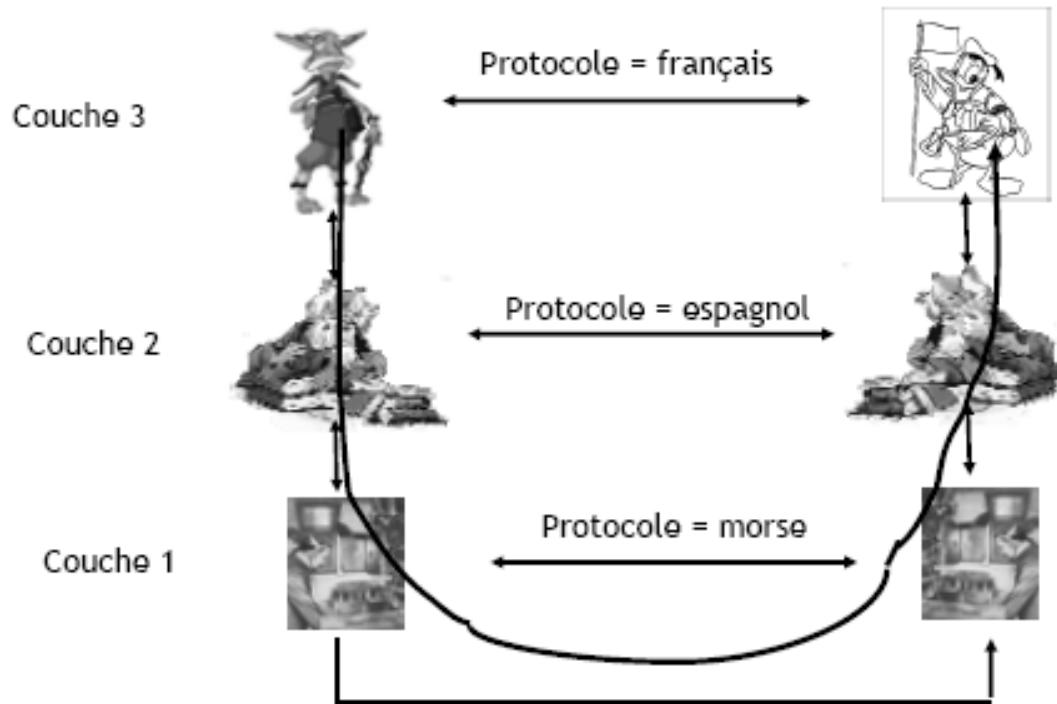


Communications entre couches

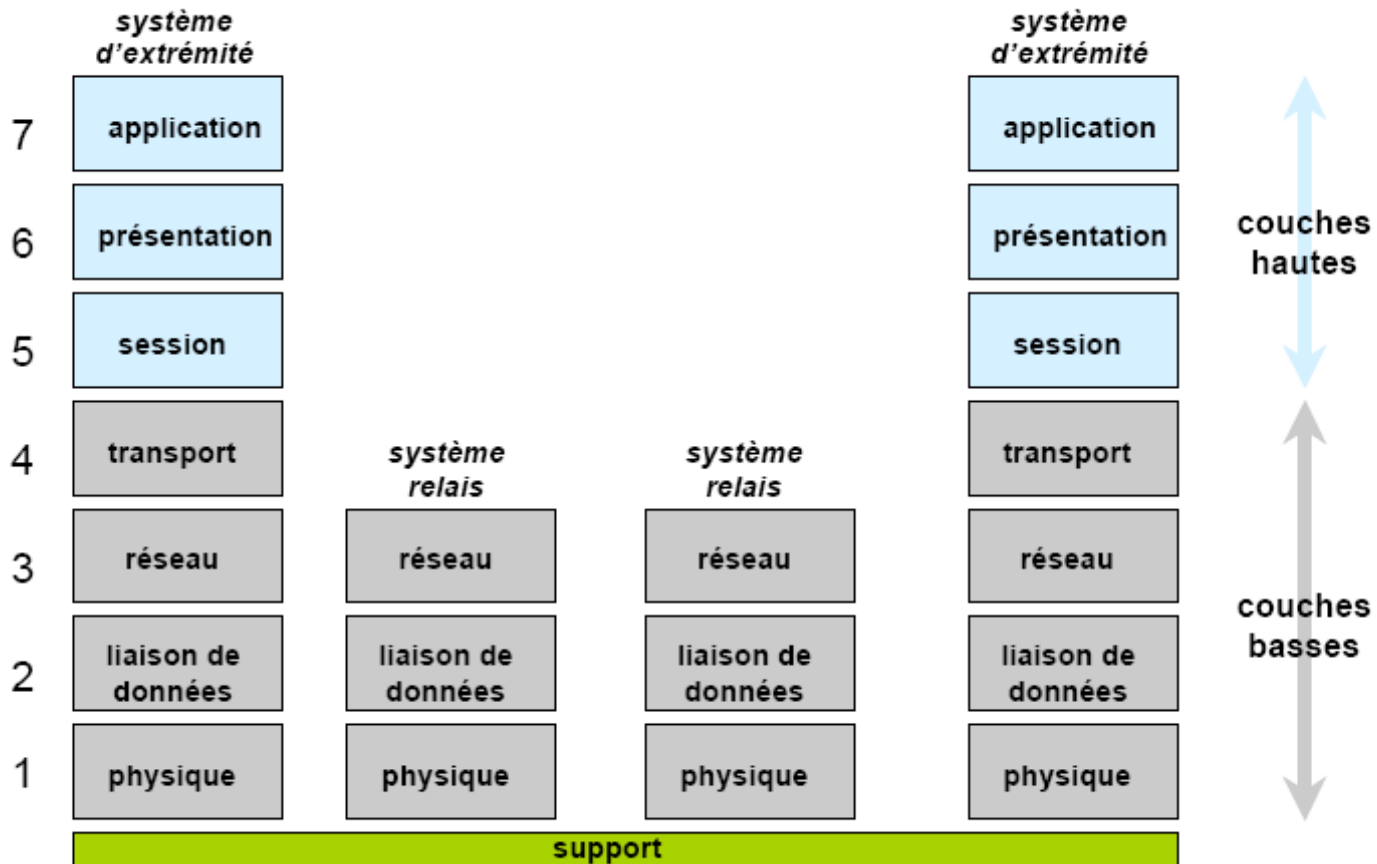
- La couche i du système A dialogue uniquement avec la couche i du système B en utilisant un protocole de niveau i .
- Deux couches de niveau i ne peuvent dialoguer qu' en traversant les couches $j < i$.
- Pour mieux comprendre, un exemple :
 - Soient 2 explorateurs français, l'un en Espagne, l'autre 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*

Communications entre couches

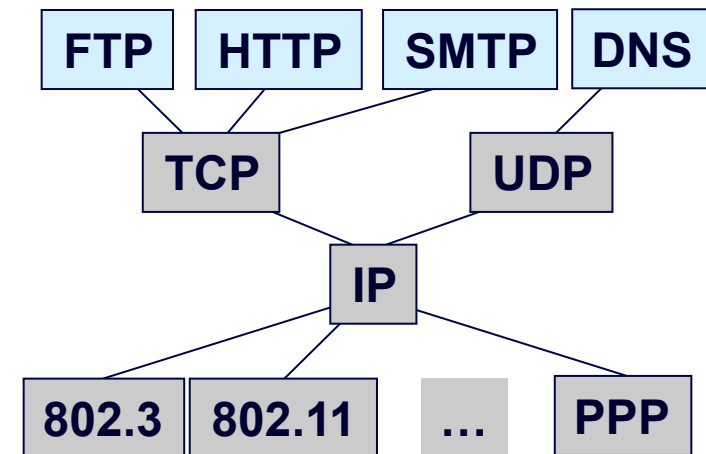
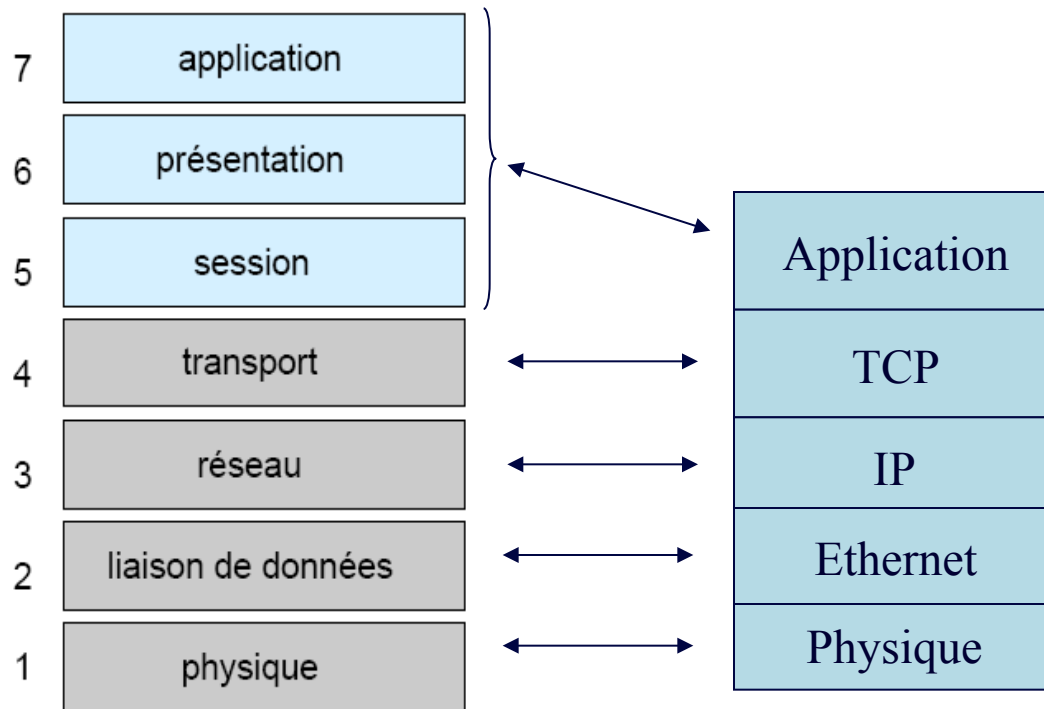
- ❑ Les explorateurs (niveau 3) communiquent en traversant les couches.



Modèle OSI



TCP/IP vs. OSI



HTTP : Hypertext Transfer Protocol
FTP: File Transfer Protocol
SMTP: Simple Mail Transfer Protocol
DNS: Domain Name System

TCP: Transmission Control Protocol
UDP : User Datagram Protocol
IP: Internet Protocol
PPP: Point-to-Point Protocol

Modèle TCP/IP

- Physique
 - Responsable de la transmission des bits de façon brute sur le medium
 - Spécification des connecteurs
 - Détermination des caractéristiques électriques des circuits
 - Définition des procédures d'utilisation des connexions physiques
 - Exemple de protocoles de niveau 1 : PPP, Ethernet...
- Liaison de données
 - Fragmentation des données transmises par la couche supérieure en trame de données
 - Responsable de la transmission fiable de trames sur une connexion physique
 - Contrôle d'accès au medium
 - Ne pas excéder le buffer du récepteur
 - Régulation de trafic
 - Détection et correction d'erreur
 - Erreurs dues à l'atténuation du signal
 - Détection des collisions
 - Gestion des acquittements
 - Exemples de protocoles de niveau 2: PPP, Ethernet, WiFi, Token-Ring, HDLC, ...

Modèle TCP/IP

□ Réseau

- Responsable du transfert de données à travers le réseau
 - Adressage
 - Routage
 - Contrôle de congestion
- Exemples de protocoles de niveau 3: IP, ATM, X25-3, ICMP, ...

□ Transport

- Responsable du transfert de bout-en-bout, avec fiabilité et efficacité
 - Contrôle de flux
 - Reprise sur erreur
 - Contrôle de congestion
- Exemples de protocoles de niveau 4 : TCP, UDP, SCTP ...

□ Application

- Applications réseaux et interfaces avec l'utilisateur
- Exemples de protocoles : Messagerie électronique, web (http), terminal virtuel, FTP...

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

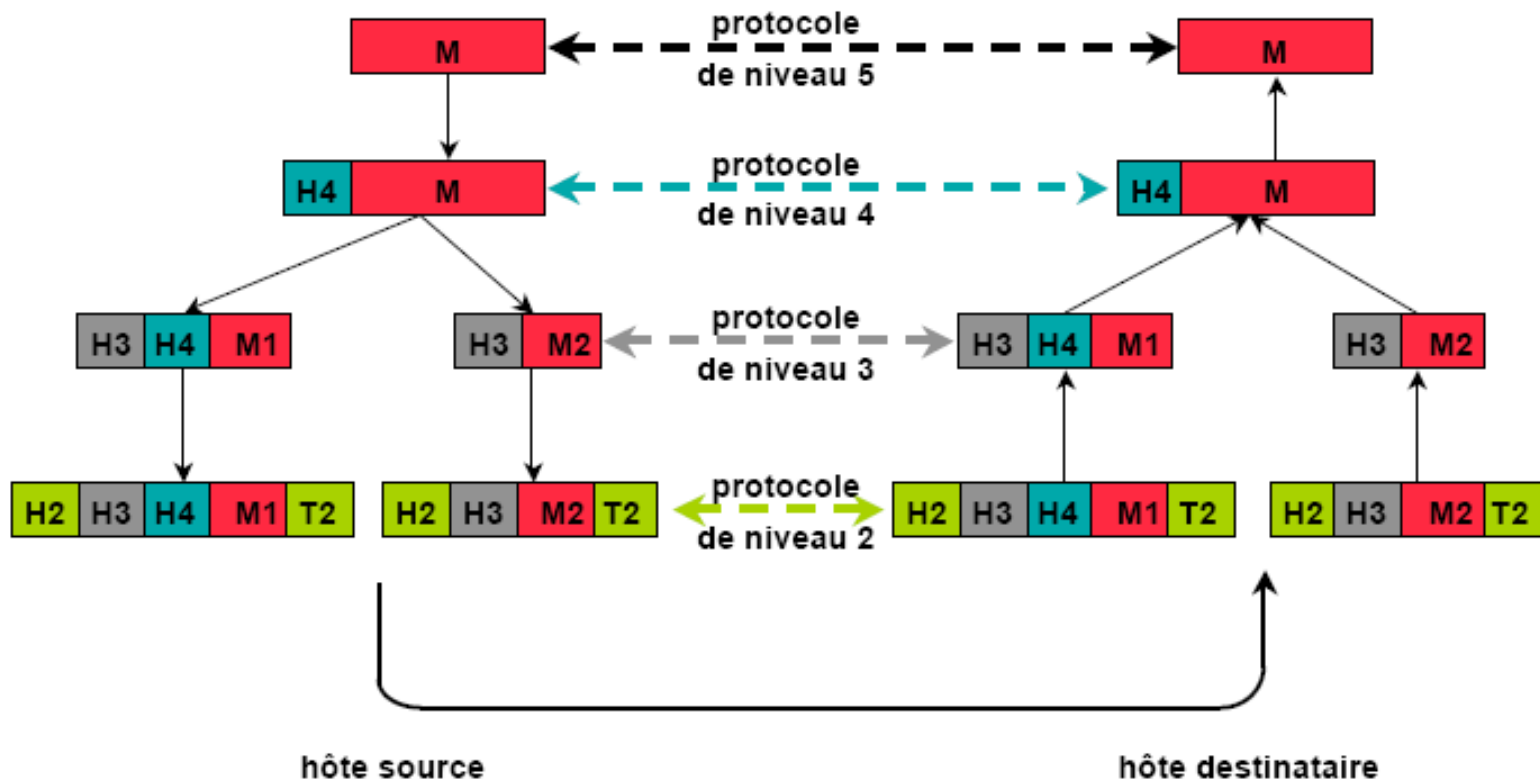
Mode connecté

- ❑ 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 fichiers

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...

Encapsulation / Décapsulation



Encapsulation TCP/IP : exemple

