

Introduction aux réseaux informatiques

Jules DEGILA

N.B. Ce cours a été tiré principalement du support de cours de Cyril Pain-Barre

Contenu

- Organismes de normalisation et recommandations
- Concepts et définitions
- Modèles de communication
- Diversité de réseaux
- Logiciels de réseaux
- Le modèle OSI
- Architecture TCP/IP

Organismes de normalisation et recommandations

ISO : *International Standard Organization*. Cet organisme a fait le découpage en couches du modèle OSI (*Open System Interconnection*). <http://www.iso.ch>

UIT-T : *Union Internationale des Télécommunications*. Service des Nations Unies qui a un rôle normatif et réglementaire et qui participe aux études relatives au développement des réseaux. Le découpage en couches du modèle OSI a été accepté par l'UIT-T : série de recommandations X.200. <http://www.itu.int/home/>

CCITT : *Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique*. Entité de normalisation placée sous la direction de l'Union Internationale, désignée depuis mars 1993 sous le sigle de l'UIT-T.

IEEE : *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. La normalisation des réseaux locaux a commencé en 1979 sous le patronage de l'IEEE. Il s'agissait de reprendre les couches 1 et 2 du modèle OSI de l'ISO pour les adapter aux particularités des LAN et des MAN. En février 1980, le groupe de travail a pris le nom de groupe 802. <http://www.ieee.org>

Il y a aussi l'IETF, CableLabs (pour les opérateurs de Câble), ATIS (américain, anciennement connu sous le nom de ANSI), 3GPP (européen, pour la 3ème génération), ETSI TISPAN, 3GPP2 (américain, équivalent du 3GPP).

Réseaux de communication (1)

Un réseau de communication offre un service de transport d'information à ses utilisateurs.

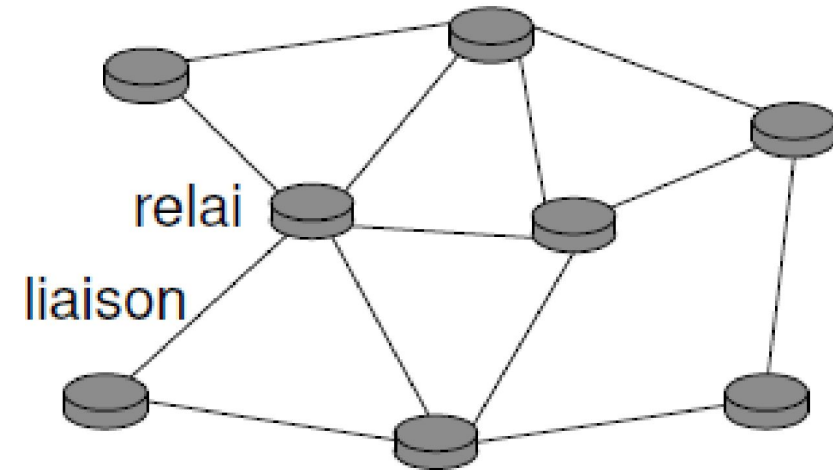
Quelques exemples de réseaux de communication apparus dans le temps :

- signalisation par tam-tam, signaux de fumée, tours de vigie. . .
- messages par pigeons voyageurs, service postal, télégramme
- presse, radio, télévision (diffusion terrestre, par satellite, par câble)
- réseau téléphonique commuté, cellulaire, satellite
- **Réseaux informatiques, Internet**

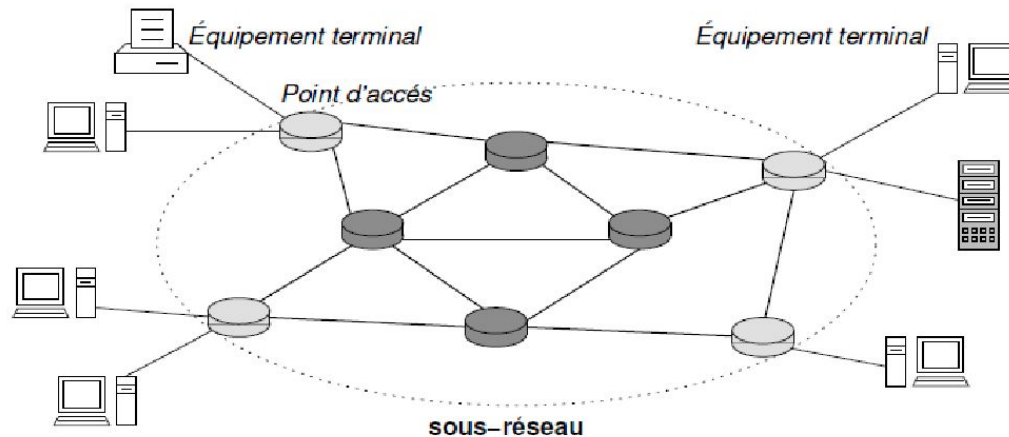
Réseaux de communication (2)

Caractéristiques communes:

- utilisent des relais de transmission pour étendre leur couverture
- un relai (non unique) est en liaison directe avec au moins un autre relai
- le maillage des liaisons définit les chemins possibles pour l'information



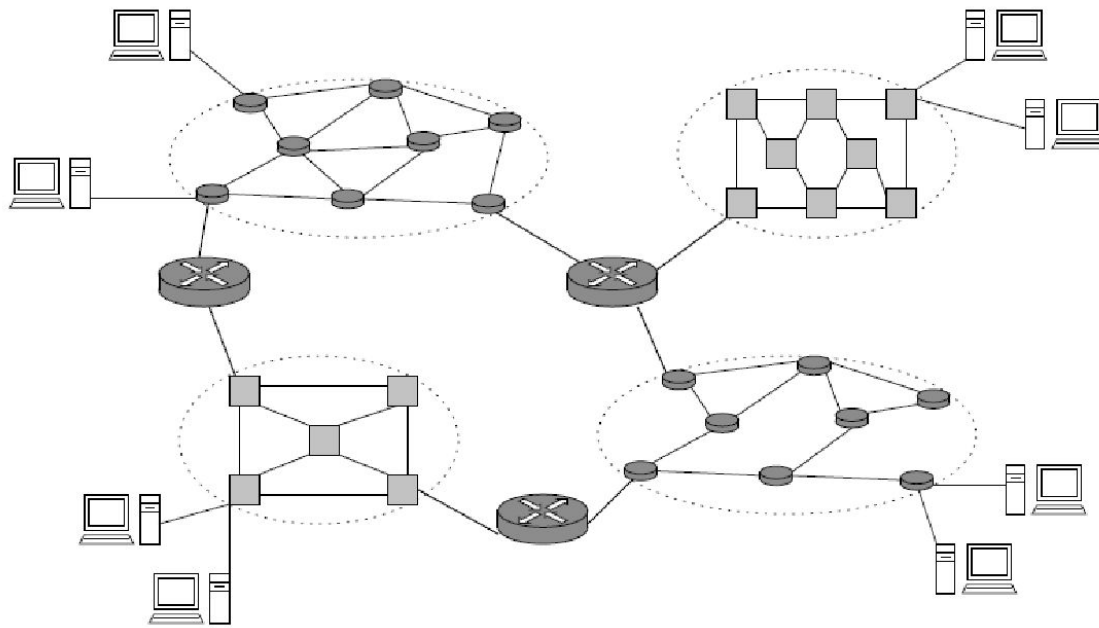
Qu'est-ce qu'un sous-réseau ?



Le **sous-réseau** comprend les équipements intermédiaires (relais spécialisés et points d'accès pour les périphériques terminaux) et leurs liaisons

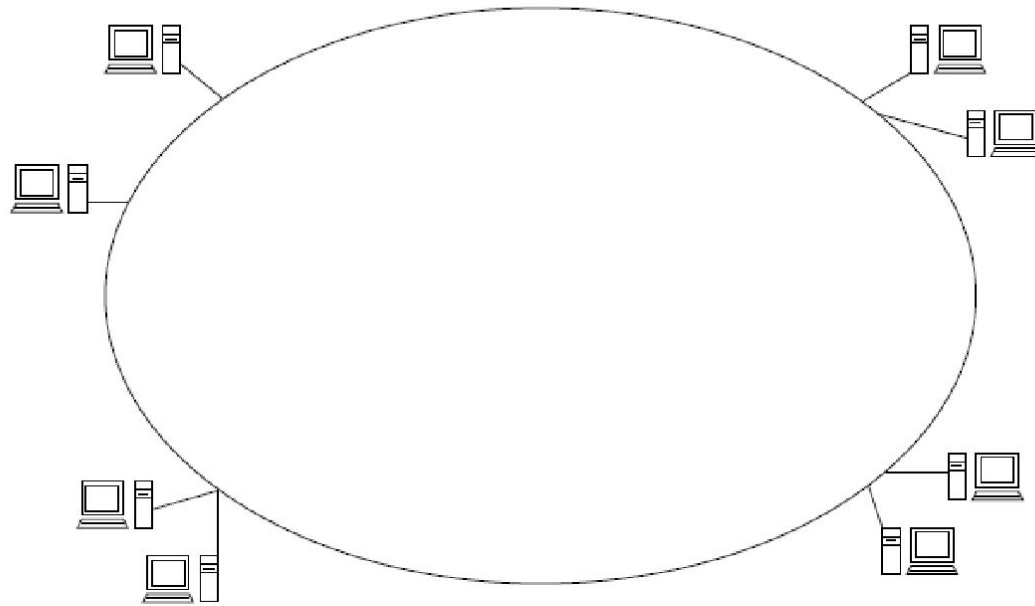
Différents types de (sous-)réseaux ont été développés, avec leurs caractéristiques propres et plus ou moins de succès

et un inter-réseau ? (1)



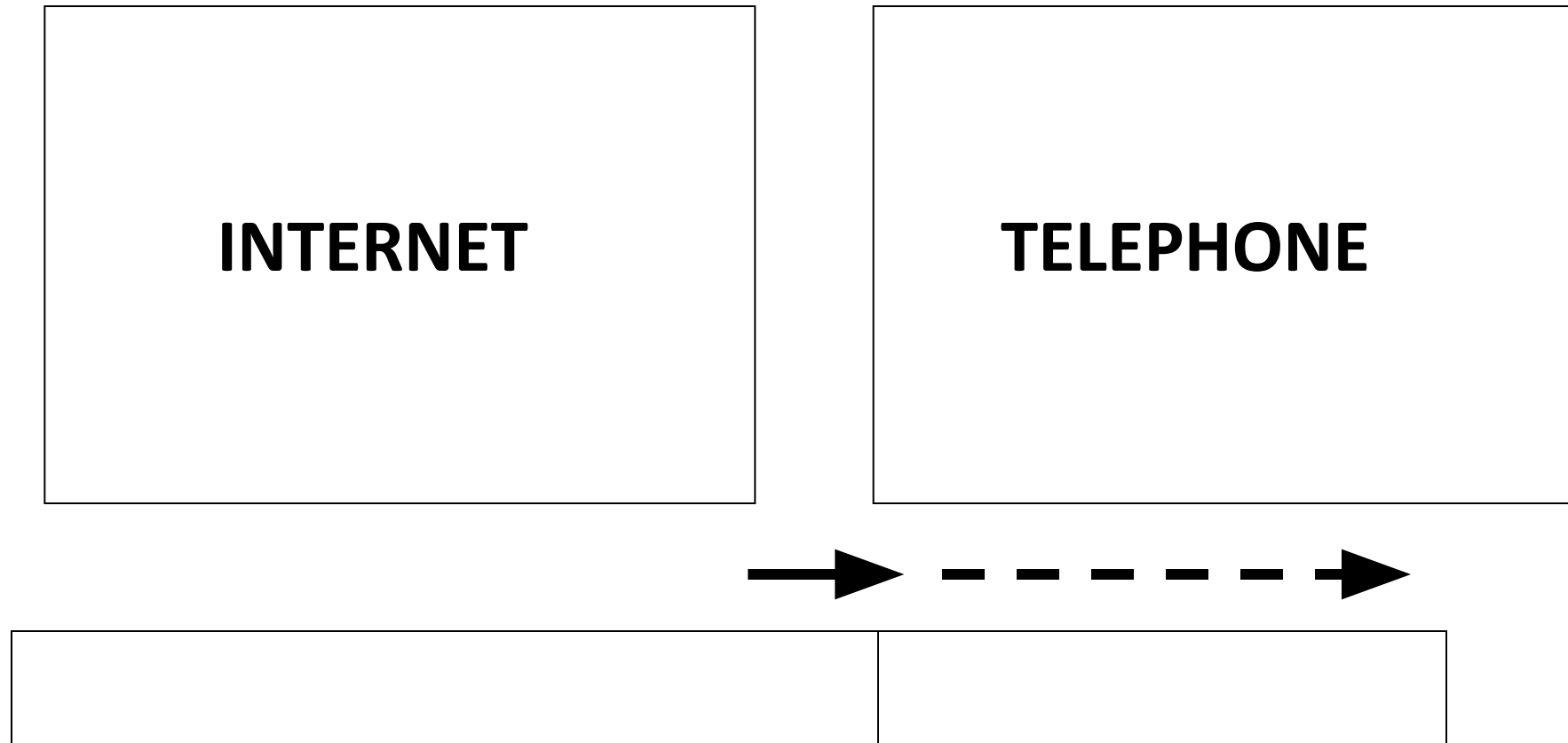
Un inter-réseau est une interconnexion de plusieurs réseaux via des équipements spécialisés (routeurs, passerelles)

Et un inter-réseau ? (2)



L'interconnexion est transparente pour les utilisateurs de l'inter-réseau

Les plus grands réseaux actuels



Internet

- Intelligence dans les terminaux
- Le réseau ne garde pas d' informations sur l'état de la situation
- Pas de garantie de qualité de service
- Basé sur la commutation de paquets

Réseaux téléphoniques (1)

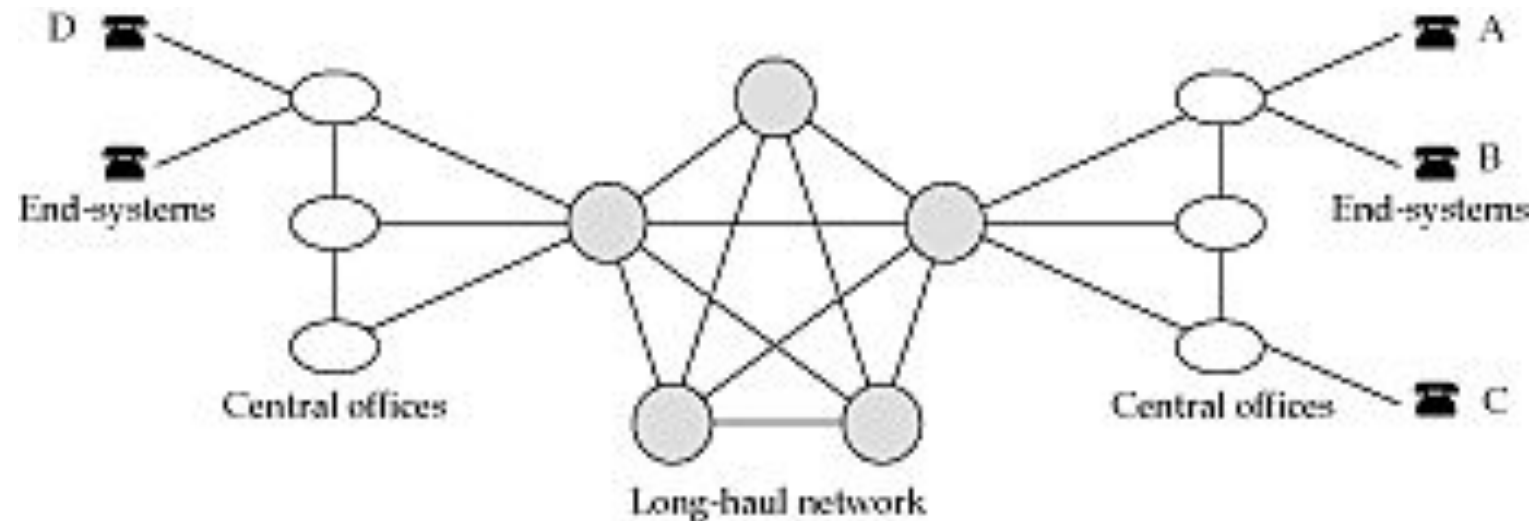
- Terminaux sans intelligence
- Intelligence dans le réseau (le réseau garde des informations sur l'état du système)
- La qualité de service est garantie
- Basés sur la commutation de circuits

La connexion téléphonique est réalisée dans les deux sens (« *full duplex* »). Un circuit est créé entre l'origine et la destination pour toute la durée de l'appel. Le réseau garantit les ressources pour obtenir une bonne qualité de service.

Réseaux téléphoniques (2)

Les terminaux (« *end systems* ») sont connectés à des commutateurs d'échange (« *exchanges* ») dans les centraux (« *central office* »). Les centraux sont connectés au réseau local ou interurbain à moyen de commutateurs qui forment le « *backbone* » ou réseau dorsal.

Vision globale



Réseaux téléphoniques (3)

Backbone complètement connecté

- routage simple
- le numéro de téléphone indique comment acheminer

EX: 450-466-3212 appelle 212-555-1212

L'échange local de l'origine se rend compte que **212** n'est pas **450**, il envoie donc l'appel au premier commutateur du *backbone* qui cherche le commutateur en charge du **212**. Ce dernier commutateur cherche l'échange **555** qui trouve le point **1212**.

Réseaux téléphoniques (4)

Terminaux (téléphone(« POT »))

- Transducteur voix-signal
- Transducteur signal-voix
- Clavier ou cadran
- Sonnerie
- Crochet (« *hook* »).

Évolution du téléphone

- ❖ Les premiers systèmes sont à commutation électromécanique et transmission analogique.
- ❖ Vers 1960 apparaît la transmission digitale.
- ❖ Vers 1970 apparition de commutateurs avec des processeurs. C'est l'introduction de l'informatique dans le réseau.
- ❖ Apparition et généralisation de la commutation temporelle vers 1960-70.
- ❖ Apparition (fin des années 80) de la fibre optique.

Défis des réseaux téléphoniques

Multimédia

- Transmission simultanée de voix/données/vidéo
- Réseau courant ne peut pas le gérer:
 - **largeur de bande insuffisante** (la vidéo nécessite de **0.35** à **3.5 Mbps**)
 - **Trafic en rafales**. Les éléments temporels des commutateurs peuvent avoir de la difficulté
 - Planification et caractérisation des services.
 - Ajout de nouveaux services sans changer le réseau
 - Compétition et déréglementation (fiabilité, structure tarifaire, etc.)
 - Inefficacités historiques du système

Internet

- le plus grand des inter-réseaux comprenant :
 - en périphérie : réseaux d'entreprises, organisations, administrations, particuliers
 - à l'intérieur : des fournisseurs d'accès (à 3 niveaux) et des réseaux fédérateurs gérés par de grands opérateurs de télécommunication
- sa croissance est exponentielle (pays émergents, objets connectés) :

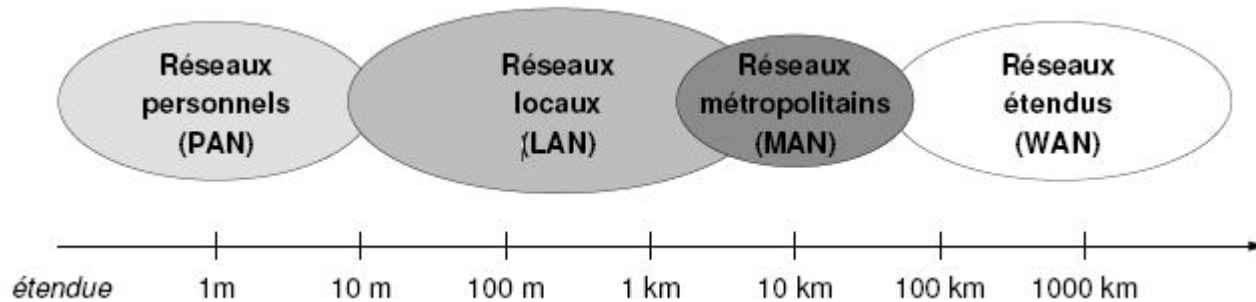
Année	Réseaux	Hôtes	Utilisateurs	Gestionnaires
1980	10	10^2	10^2	1
1990	10^3	10^5	10^6	10
2000	10^5	10^7	10^8	10^2

de nos jours, des milliards de périphériques terminaux connectés (par fil, Wifi, réseau cellulaire. . .)

- Conçu à l'origine pour transporter des données, Internet évolue en un **réseau convergent** offrant les services de transport de voix numérisée et de vidéo haute-définition en temps réel

Classification des réseaux par taille

Les réseaux se distinguent par leur étendue et leurs objectifs.



- **PAN** (Personal Area Network) : réseau individuel sur quelques dizaines de mètres. *Ex.* Bluetooth
- **LAN (Local Area Network)** : réseau de particulier ou d'entreprise dans un bâtiment ou un campus
- **MAN** (Metropolitan Area Network) : interconnexion de plusieurs LAN repartis dans une ville, desserte locale des usagers.
- **WAN (Wide Area Network)** : couvre un pays, un continent.

LAN: Local Network Area (1)

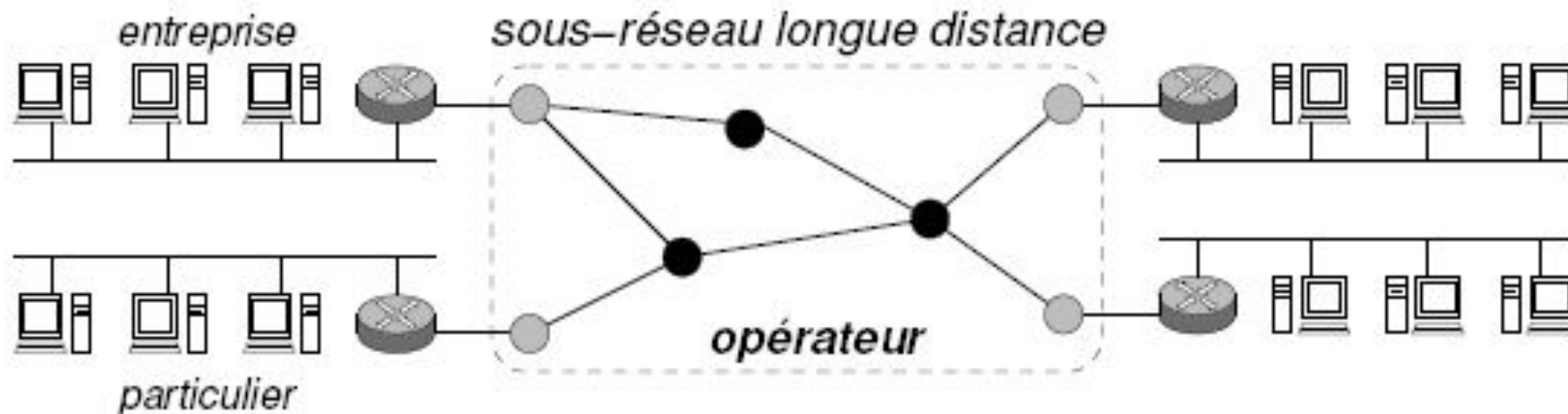
- Réseaux privés
- Quelques kilometres ou plus
- Objectifs principaux :
 - connexion des postes de travail utilisateur (échange de messages, partage de fichiers)
 - serveurs de fichiers
 - accès aux bases de données
 - partage de ressources matérielles (imprimantes, fax, etc.) et logicielles.

LAN: Local Network Area (2)

- Débit de quelques Mbit/s jusqu'a plusieurs Gbit/s
- Exemples :
 - en bus : **IEEE 802.3** ou **Ethernet** de Xerox, Intel et Digital
 - en anneau : **IEEE 802.5** ou **Token Ring** d'IBM
 - sans-fil : **IEEE 802.11 Wireless LAN** (WLAN)

WAN: Wireless Area Network (1)

- Réseaux d'opérateurs ou de fournisseurs d'accès
- Couvrent un pays, un continent
- Objectif principal : acheminer de l'information sur de longues distances



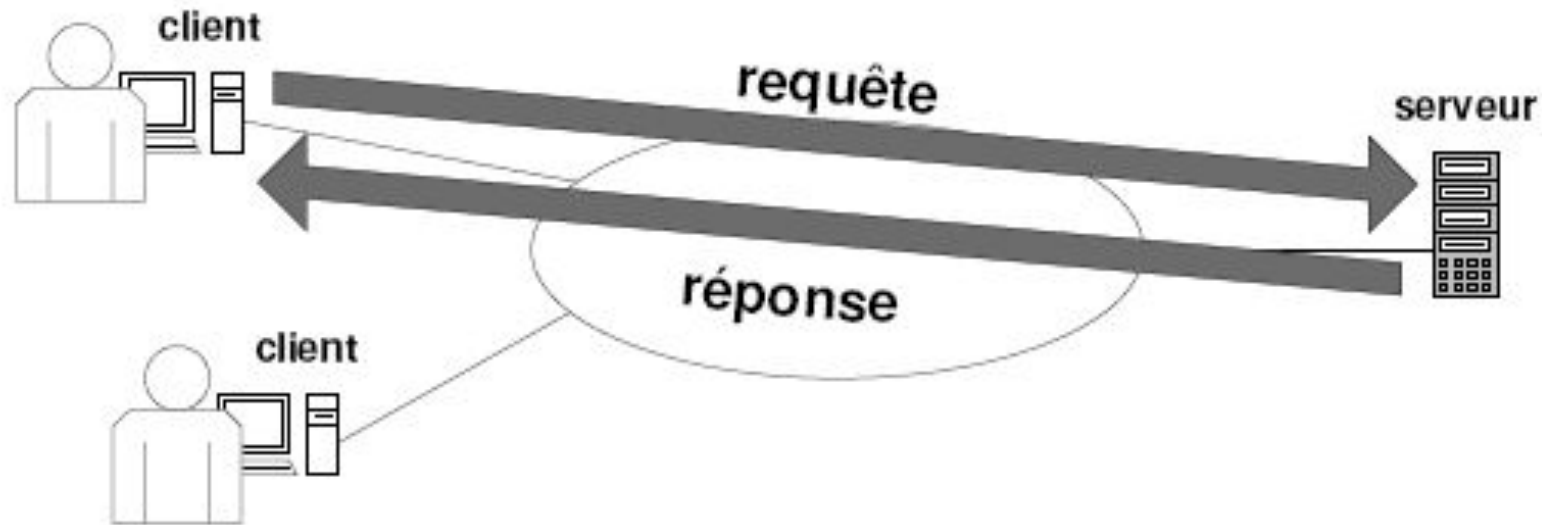
WAN: Wireless Area Network (2)

- Les liaisons internes sont variées : câbles, fibres optiques, sans fil haut débit (WiMax), satellites.
- Exemples :
 - SMDS (*Switched Multimegabits Data Service*)
 - X.25 (obsolète, date de 1976)
 - Frame Relay
 - ATM

Modèle de communication client-serveur (1)

- La plupart des communications d'un utilisateur lambda sur Internet suivent le modèle **client-serveur** :
 - Le client (utilisateur) transmet une requête à un serveur (prestataire de service), comme demander une page Web
 - En retour, le serveur envoie au client une réponse à sa requête, comme la page Web

Modèle de communication client-serveur (2)

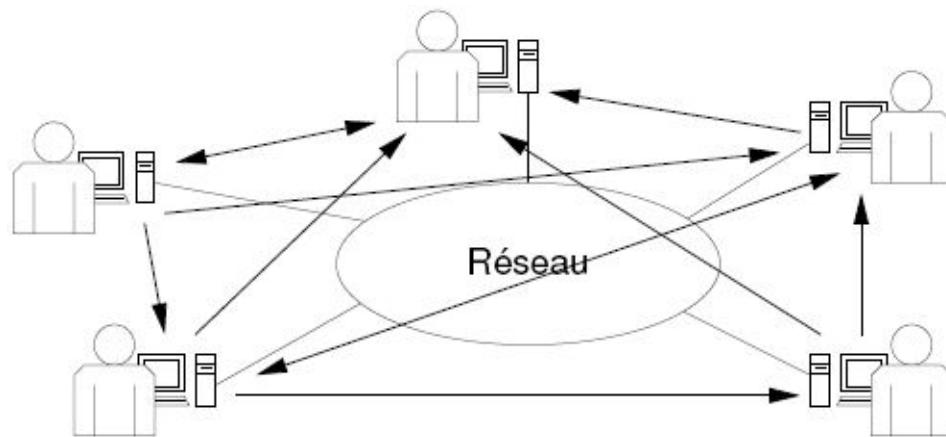


Plusieurs échanges peuvent être nécessaires durant cette communication

Modèle de communication d'égal à égal

Certaines communications suivent le modèle **peer-to-peer** :

- les pairs (*peers*) forment un groupe dans lequel chacun peut communiquer avec l'autre



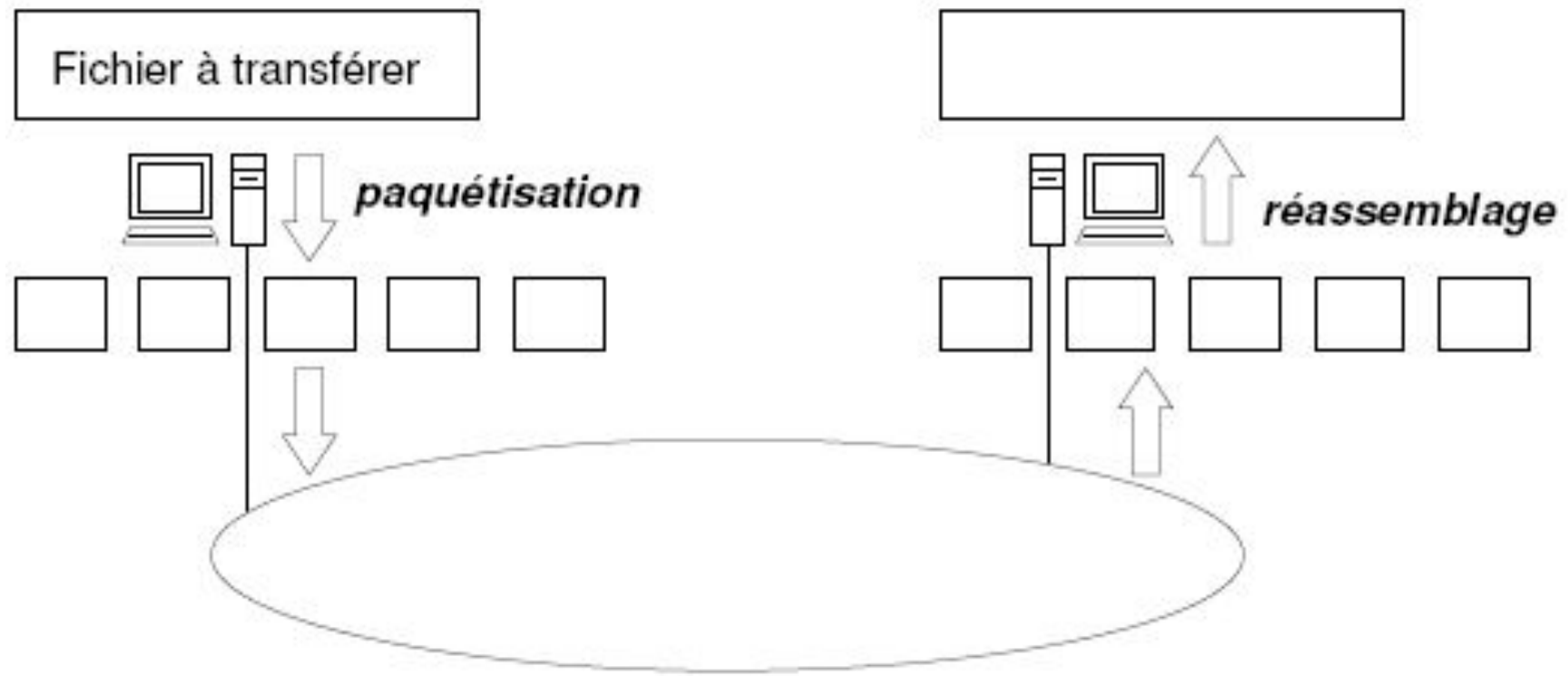
- chacun joue le rôle de client et de serveur
- exemples : partage de fichiers, partage d'imprimante

Dans certains cas, un serveur est utilisé pour mettre les pairs en relation

Paquétisation (1)

- Pour des raisons d'efficacité et de partage des moyens de transmission, les informations sont transmises sous forme de **paquets** de taille limitée
- La transmission d'un fichier ou d'un long message se fait ainsi par l'envoi de nombreux paquets
- Les paquets sont acheminés jusqu'à leur destination qui reconstitue le fichier/message
- Les paquets sont généralement retransmis (relayés) par les équipements intermédiaires après entière réception (*store-and-forward*)

Paquétisation (2)

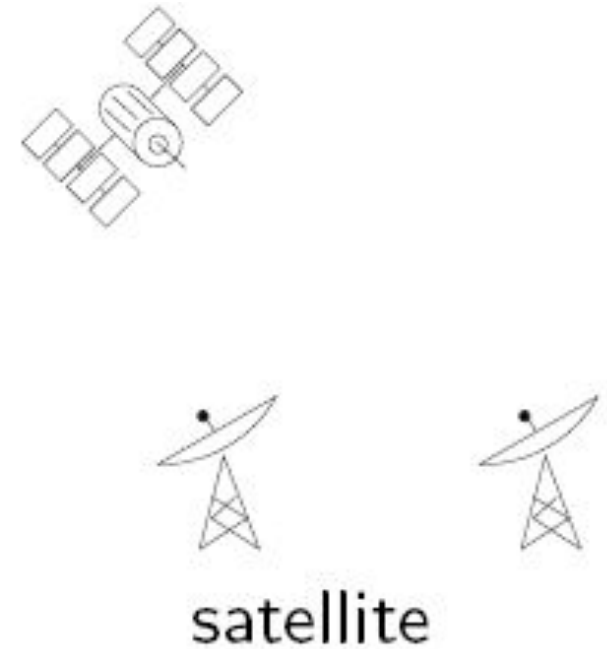
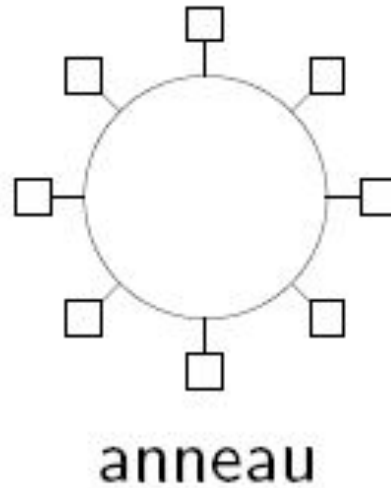
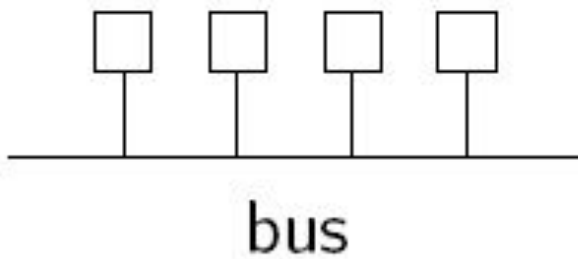


Réseaux à diffusion (1)

- Un seul canal de transmission partagé par tous :
 - un **paquet** transmis est reçu par toutes les hôtes (équipements terminaux)
 - le paquet contient un **champ** *adresse de destination*
 - un hôte accepte le paquet s'il lui est destiné, sinon l'ignore
- 3 types d'adresses :
 - **unicast** : destinataire unique (un seul hôte)
 - **multicast** : destination à un ensemble (groupe) d'hôtes
 - **broadcast** : destiné à tous les hôtes présents.

Réseaux à diffusion (2)

- Différents supports et topologies possibles, notamment :

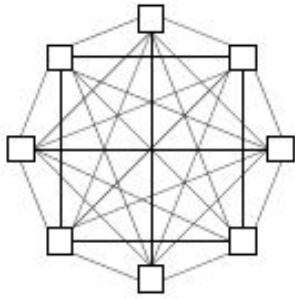


Réseaux point-à-point (1)

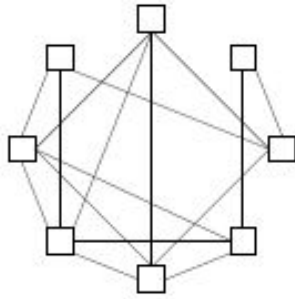
- Constitués de nœuds de transfert et de lignes
- Une ligne connecte deux nœuds
- Les réseaux de grande étendue (WAN) sont principalement point-à-point

Réseaux point-à-point (2)

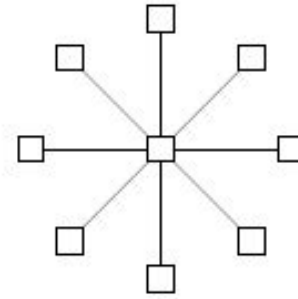
- Quelques topologies possibles :



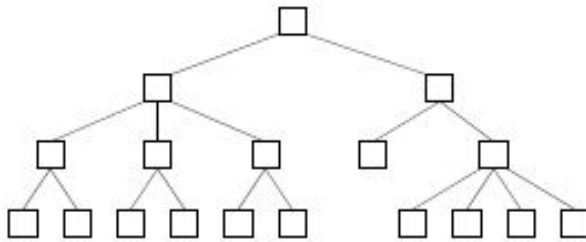
maillage régulier



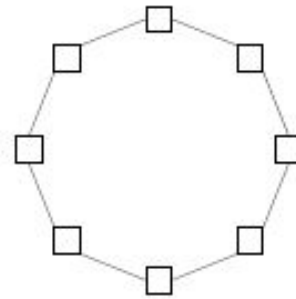
maillage irrégulier



étoile



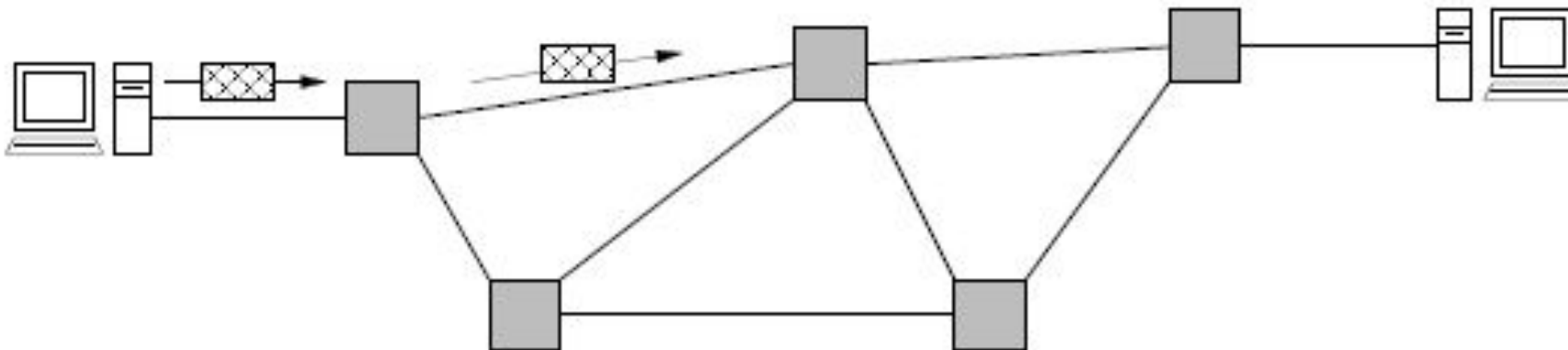
arbre



anneau

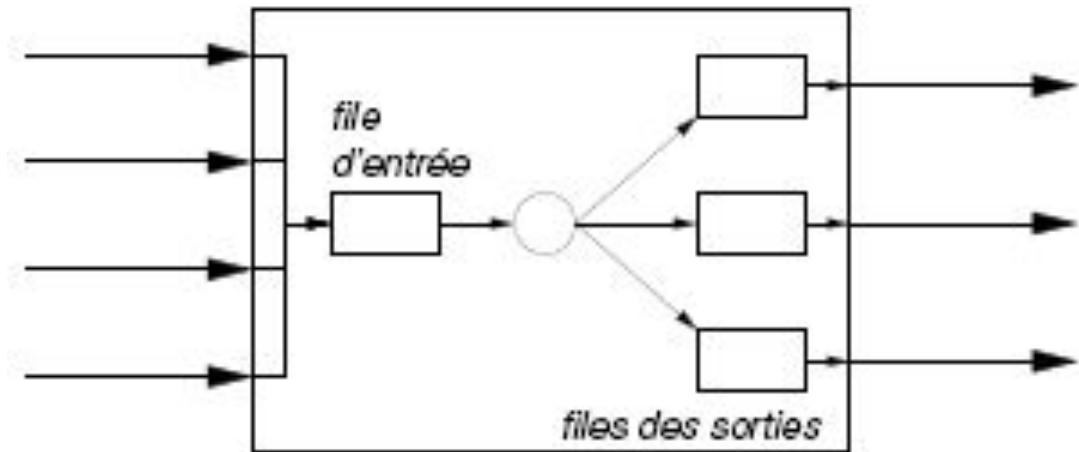
Réseaux point-à-point : commutation et routage (1)

- Le transfert de paquet dans un réseau point-à-point nécessite l'emploi de la **commutation** ou du **routage** :
 - opéré par les nœuds de transfert (équipements intermédiaires)
 - qui choisissent une ligne de sortie vers la destination finale du paquet



Réseaux point-à-point : commutation et routage (2)

- Schéma d'un commutateur ou routeur:



- pour une destination donnée, un commutateur choisit toujours la même ligne de sortie, pas forcément pour un routeur
- certains réseaux point-à-point offrent un service de multidiffusion.

Qualité de service

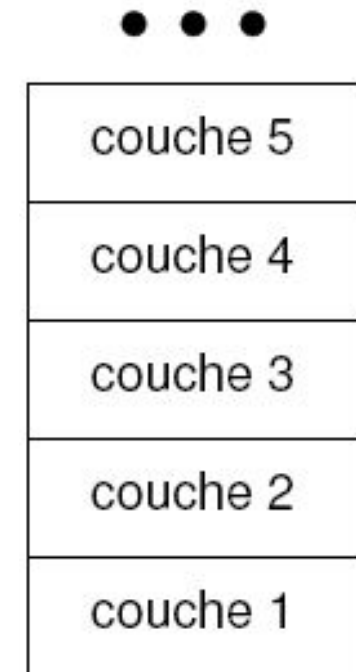
- La fiabilité du transfert de données est lourde et coûteuse (en ressources, en temps)
 - gestion des acquittements (accuses de réception)
 - Retransmission
 - remise en sequence

mais elle n'est pas forcément nécessaire (ex : vidéo, voix)

- Garantie du débit : nécessite souvent la réservation de ressources dans les nœuds intermédiaires
- Garantie du délai : important pour le transfert de la voix, la visio-conférence, etc.
- Le débit et le délai sont difficiles à garantir pour les réseaux à routage. **Principe général retenu :** prioriser les flux en fonction des applications. Les paquets de priorité élevée sont traités/transférés avant ceux de faible priorité.

Architectures en couches (1)

- La complexité des réseaux et des techniques permettant d'offrir une qualité de service donnée pour le transfert d'information, ont conduit à définir des architectures logicielles structurées en **couches**.
- Chaque type de réseau (ATM, X.25, Ethernet, IP. . .) a une architecture contenant un nombre de couches qui lui est propre.
- Les couches sont empilées.
- Une couche a un rôle bien défini : c'est un prestataire de service pour la couche située au dessus.

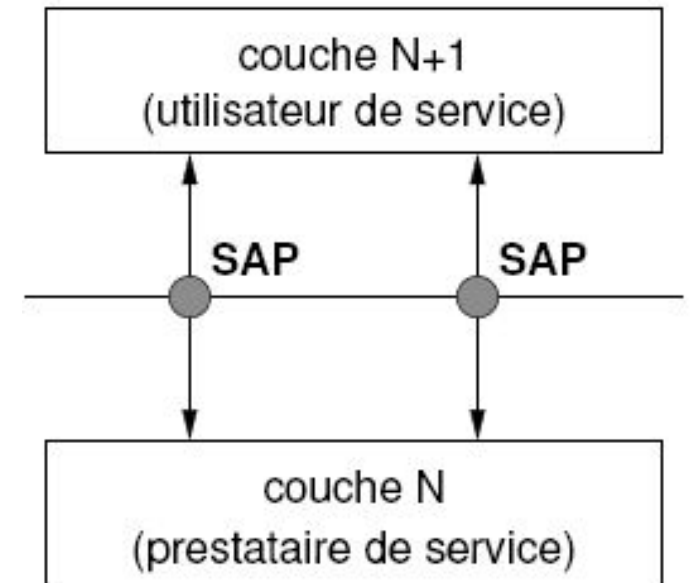


Architectures en couches (2)

- Une couche est composée de 3 objets :
 - le service
 - le protocole
 - les points d'accès au service
- Une couche peut être implémentée de façon matérielle ou logicielle
- On appelle **entité**, un élément (puce, processus) actif d'une couche.

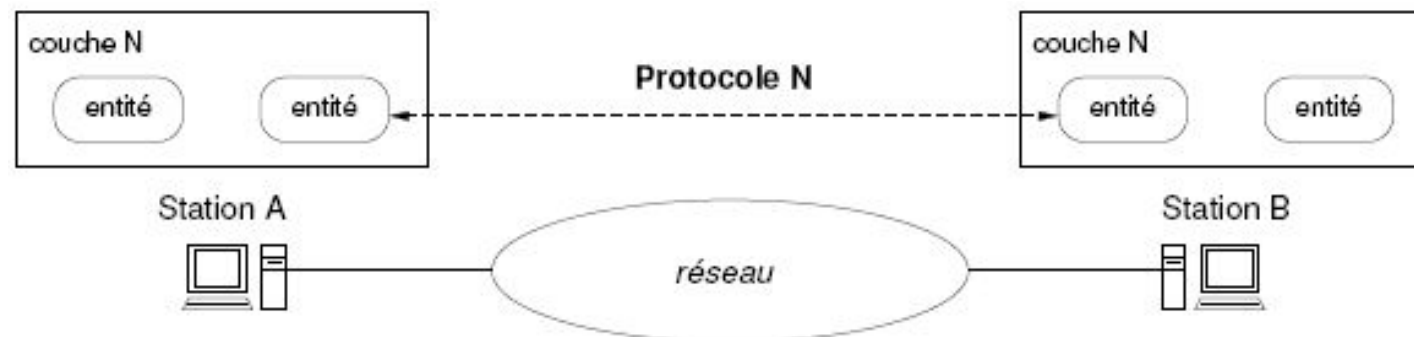
Service

- Un service est rendu par une couche N pour la couche $N + 1$.
- Accessible a la couche $N + 1$ par un point d'accès au service (*Service Access Point*) en utilisant des **primitives de services**.
- Produit des événements.
- Exemples :
 - émettre des bits sur un support physique
 - envoyer une trame à destination d'un nœud situé à l'extrémité du support
 - envoyer un paquet à destination d'une station éloignée
 - envoyer un email à un utilisateur



Protocoles

- Pour offrir un service, deux entités paires (même couche, hôtes distants) dialoguent en respectant un protocole : ensemble de règles formelles et de conventions qui déterminent comment ces entités doivent échanger des données, comprenant :
 - Le format d'un paquet (nature des informations qu'il contient, leur emplacement dans le paquet).
 - Le contrôle et l'envoi de données.
 - Les algorithmes de réaction à un événement : que faire d'une information reçue, doit-on répondre et comment, comment réagir lorsqu'on attendait une réponse qui n'est pas parvenue, etc.



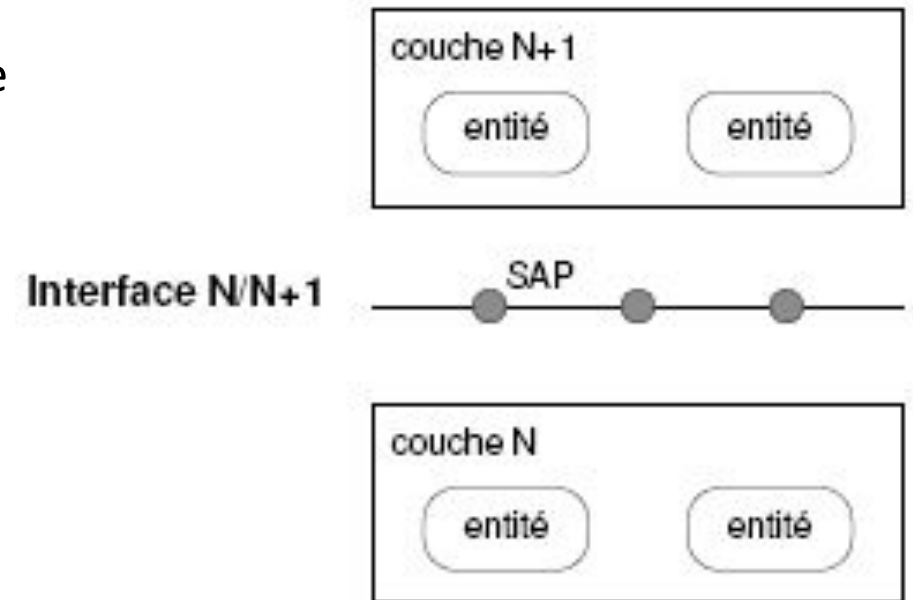
Service : mode connexion ou sans connexion

La **sémantique d'association** d'un service détermine le mode de communication entre deux entités paires qui l'utilisent :

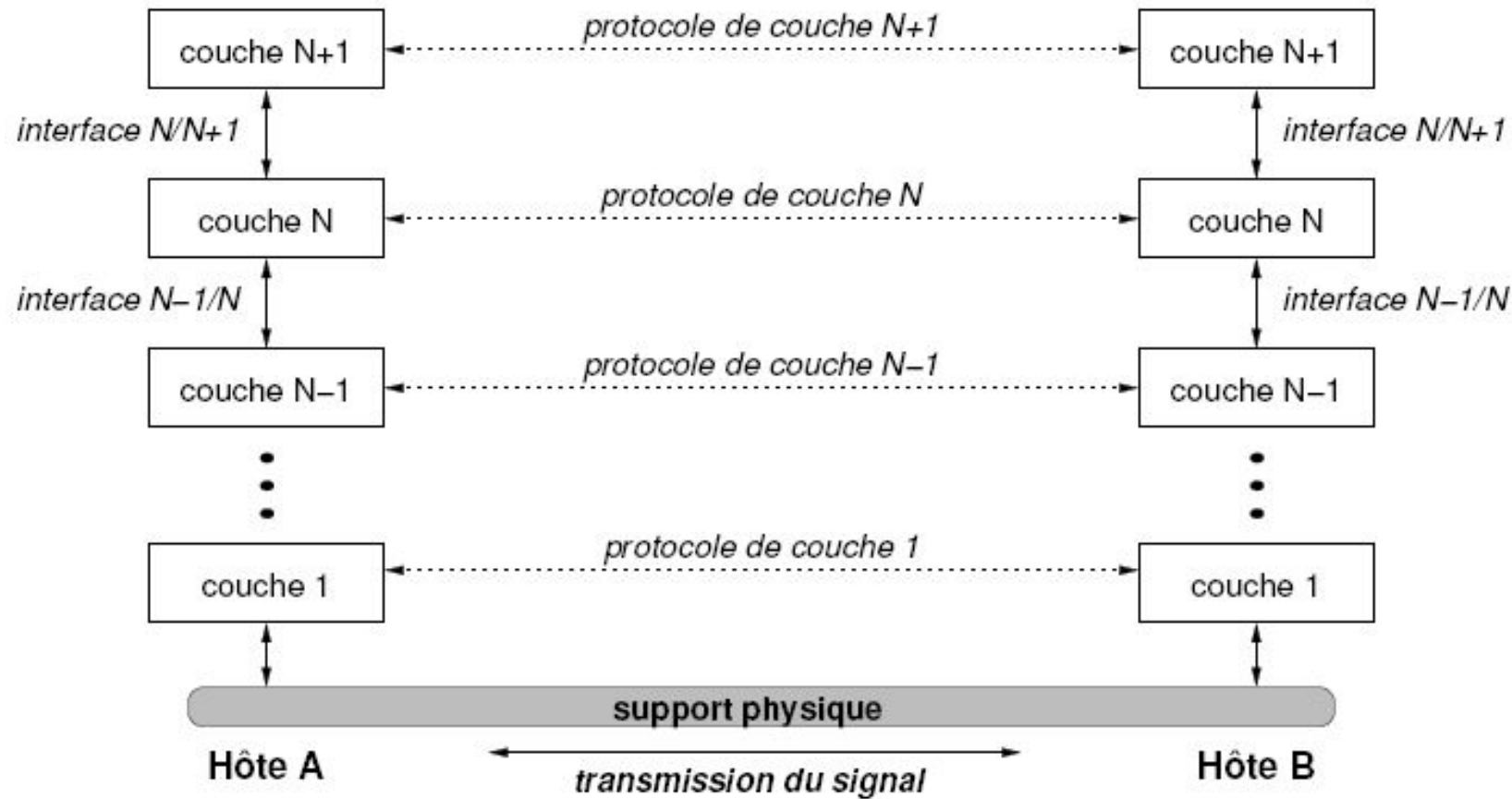
- Mode connexion (ou orienté connexion) :
 - principe similaire au service téléphonique
 - le transfert d'information se déroule en 3 phases :
 - établissement de la connexion
 - échange de données
 - libération de la connexion
- Mode sans connexion (ou datagramme) :
 - principe similaire au courrier postal, on envoie des datagrammes (paquets) sans se soucier de la disponibilité du destinataire.
 - chaque datagramme contient l'adresse du (ou des) destinataire(s).

Interface

- Une interface fait la jonction entre deux couches adjacentes
- Définit les opérations et les services offerts par la couche inférieure
- Comprend les données et les **primitives de service** (API)
- Une couche peut être modifiée/remplacée tant qu'elle fournit la même interface
- Les implémentations des couches ainsi que la présentation des interfaces changent selon les systèmes d'exploitation.

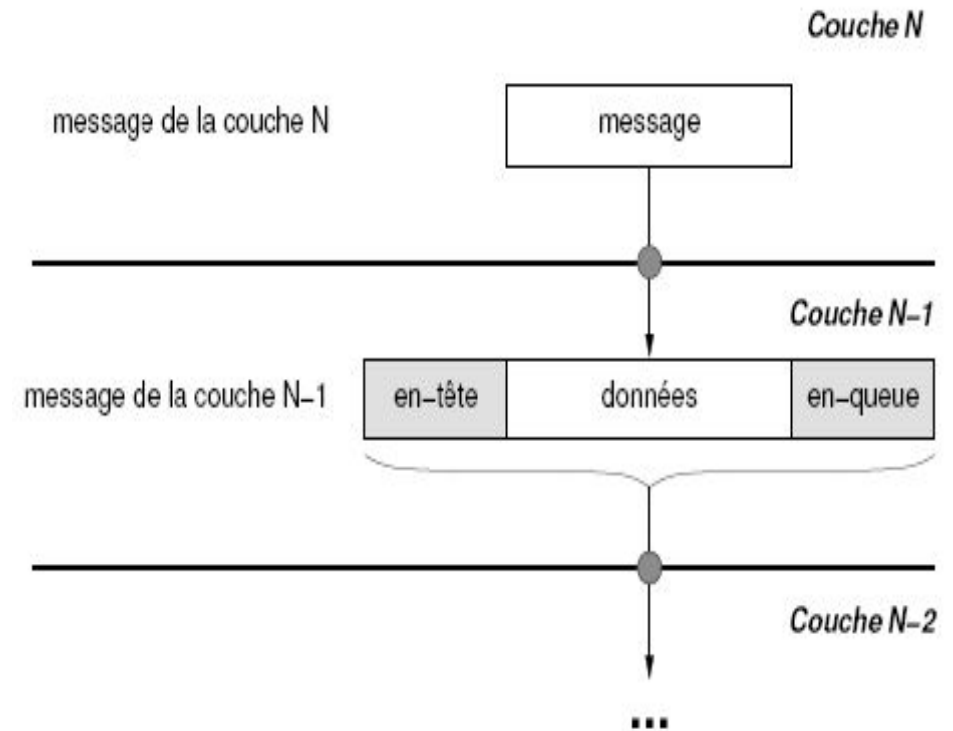


Couches, Protocoles et Interfaces



Encapsulation de messages

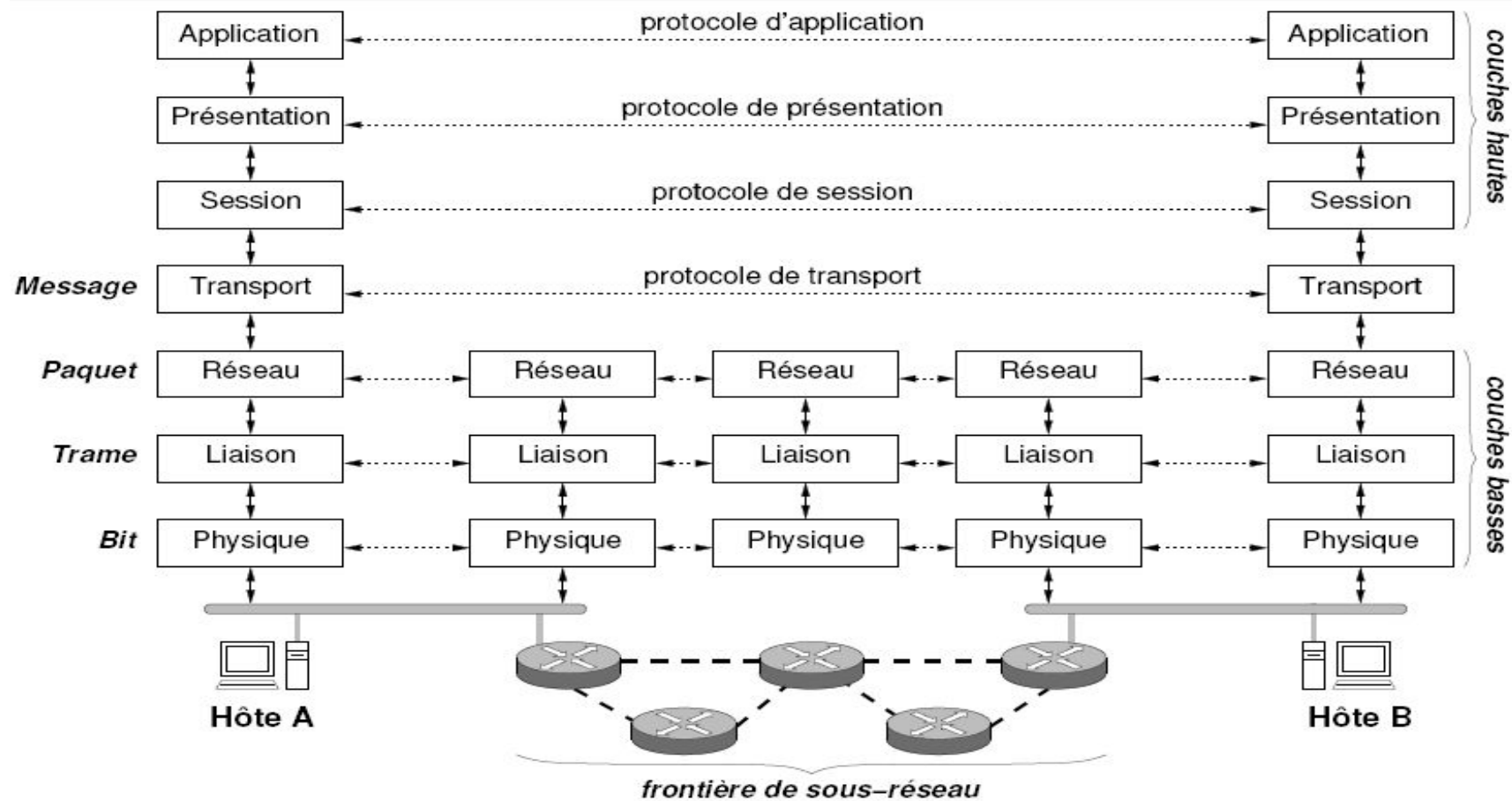
- Une couche de niveau N ayant des données à envoyer les confie à la couche $N - 1$
- Pour rendre son service, la couche $N - 1$ encapsule les données en y ajoutant des informations :
 - un **en-tête** (*header*)
 - et/ou un **en-queue** (*trailer*)
- L'opération inverse (décapsulation) est réalisée par l'entité réceptrice de la couche $N - 1$ pour remettre les données à la couche N .



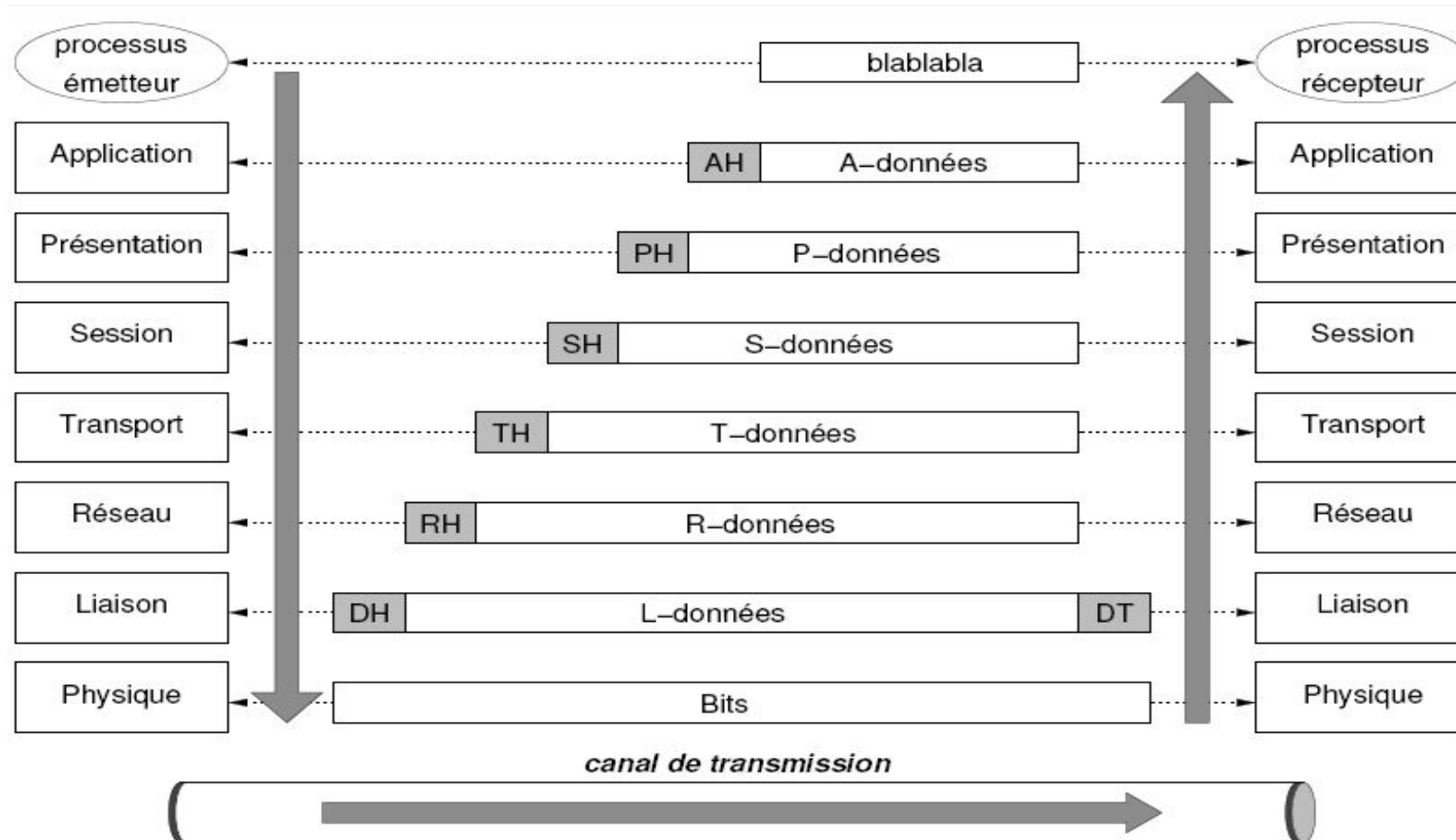
Le modèle d'architecture OSI

- OSI : *Open Systems Interconnection* (interconnexion de systèmes ouverts)
- Ensemble de normes de l'ISO (*International Standardization Organization*)
- Comprend 7 couches
- A assez peu été implémenté en pratique
- Mais est le modèle de référence.

Architecture des couches OSI

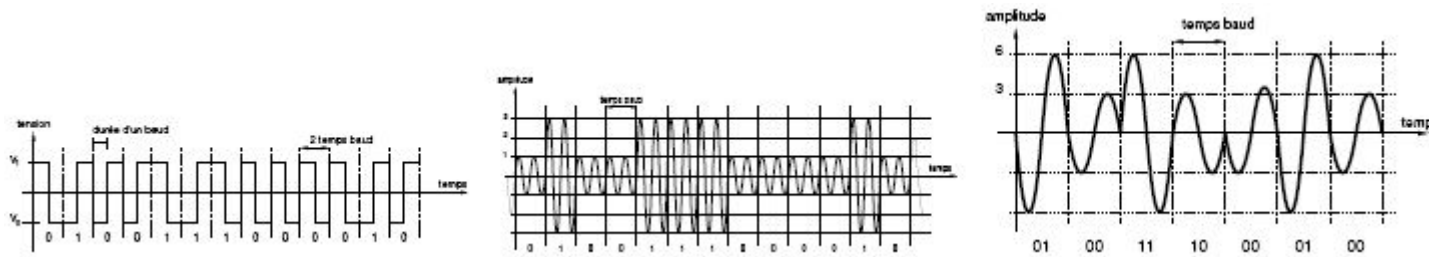


Encapsulation dans OSI



La couche Physique

- Rôle : transmission de bits sur un canal par génération d'une onde électromagnétique, par exemple :



- Concernée par:
 - Représentation de bit à 1 ou 0 (voltage, modulation. . .)
 - durée de transmission d'un bit
 - Débit
 - sens de transmission : simplex, half-duplex, duplex
 - type de support (câbles, ondes,...)
 - nombre de broches des connecteurs et rôle
- Nécessite des compétences en électronique, en physique, en codage et en traitement du signal.

La couche Liaison de Données

- Rôle : envoyer et recevoir des **trames** de données sur une liaison
- Une trame est un ensemble de bits regroupés pour être transportés
- Concernée par :
 - la création de frontières de trames
 - le découpage de flots de bits en trames
 - la gestion des accès au canal de communication
 - l'adressage des interfaces de la liaison (adresses MAC)
 - la détection d'erreur
 - plus rarement :
 - correction des erreurs
 - envoi/réception en séquence et gestion des acquittements
 - regulation de flux
- Exemples : HDLC (*High-Level Data Link Control*), LAP-B de X.25, **PPP** (*Point-to-Point Protocol*), **Ethernet**, Wi-Fi. .

La couche Réseau

- Rôle : utiliser et gérer le sous-réseau afin de transmettre des paquets de liaison en liaison en passant par des systèmes intermédiaires (routeurs/commutateurs)
- Concernée par :
 - l'acheminement de paquets dans le sous-réseau (choix d'une "route")
 - la traduction des paquets selon les réseaux traversés
 - la gestion de la congestion (trop de paquets dans le sous-réseau)
 - adressage uniforme
 - *comptabilisation pour facturation*
- X.25 (commute avec connexion) normalisé par l'ISO
- IP est la couche réseau d'Internet

La couche Transport

- Rôle : transporter des messages utilisateur provenant de la couche session et s'assurer qu'ils arrivent correctement
- Concernée par :
 - l'optimisation de l'utilisation des infrastructures
 - la fourniture d'une qualité de service de transmission d'informations adéquate
 - la gestion de connexion(s)
 - multiplexage des données
 - le type de service à fournir : point à point fiable, messages isolés (datagramme) à destinations multiples
 - contrôle de flux entre source et destination finale.

Premier protocole de bout en bout du modèle : il n'est requis que sur les équipements terminaux

La couche Session

- Rôle : fournir aux entités de présentation les moyens nécessaires à l'organisation et à la synchronisation de leur dialogue,
- Concernée par :
 - l'ouverture et la fermeture de sessions entre les utilisateurs
 - la gestion du dialogue (à qui parler)
 - la gestion de jetons (réservés pour des opérations critiques)
 - la synchronisation (points de reprise en cas d'échec), l'interruption et la reprise du dialogue.

Cette couche n'existe pas en tant que telle dans certains réseaux comme Internet où ce sont les applications qui gèrent elles-mêmes les sessions si nécessaire (session FTP, session TELNET, session HTTP/PHP sur certains sites web, etc.)

La couche Présentation

- Rôle : faciliter l'échange de données entre utilisateurs
- Concernée par :
 - la représentation des informations échangées (entiers, chaînes, flottants, structures composites)
 - le masquage de l'hétérogénéité de techniques de codage utilisées par les différents systèmes
 - encodage/décodage des données dans une norme reconnue
- Première couche concernée par la sémantique des informations transportées
- l'ISO a normalisé la syntaxe ASN.1 (*Abstract Syntax Notation 1*)

Cette couche n'existe pas en tant que telle dans certains réseaux comme Internet où des standards de codage sont utilisés dans les échanges (Network-byte order, ASCII, GIF, JPEG, MPEG, HTML, encapsulation MIME, etc.)

La couche Application

- Rôle : donner aux processus d'application les moyens d'accéder à l'environnement de communication de l'OSI
- On y trouve de nombreux protocoles adaptés à différentes classes d'application
- Concernée par :
 - terminal virtuel
 - courrier électronique
 - WWW (base de données répartie, commerce électronique,...)
 - groupes de discussion
 - exécution de travaux à distance
 - transfert de fichiers

Aperçu de l'architecture TCP/IP

La pierre angulaire d'Internet est le protocole IP (couche réseau OSI) :

Application
Présentation
Session
Transport
Réseau
Liaison
Physique

OSI

IP : Internet Protocol

ICMP : Internet Control and Error Message Protocol

ARP : Address Resolution Protocol

TCP : Transmission Control Protocol

UDP : User Datagram

FTP, SMTP, HTTP, TELNET, ...		DNS, ...	DHCP, TFTP, ...
TCP		UDP	
IP (+ ICMP)			ARP
Hôte-Réseau			

TCP/IP

FTP : File Transfer Protocol

SMTP : Simple Mail Transfer Protocol

HTTP : HyperText Transfer Protocol

TELNET : Terminal Virtuel

DNS : Domain Name Service

DHCP : Dynamic Host Configuration Protocol

TFTP : Trivial File Transfer Protocol