

Introduction aux réseaux¹

Tristan Crolard

Laboratoire CEDRIC
Equipe « Systèmes Sûrs »

tristan.crolard@cnam.fr

cedric.cnam.fr/sys/crolard

1. Cours basé sur les supports de Sami Taktak

Bibliographie

- [Lohier 04].** « Internet, services et réseaux »,
Stéphane Lohier, Dominique Présent. Dunod, 2004
- [Moreno 03].** « Unix administration : Systèmes et réseaux »,
Jean-Michel Moreno. Dunod, 2003.
- [Pujolle 01].** « Initiation aux réseaux »
Guy Pujolle. Eyrolles, 2001.
- [Pujolle 08].** « Les réseaux »
Guy Pujolle. Eyrolles, 2008.
- [Servin 03].** « Réseaux et télécoms »
Claude Servin. Dunod, 2003.
- [Tanenbaum 11].** « Réseaux »,
Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall. Pearson, 2011

Les figures de ces supports de cours sont tirées de ces ouvrages.

Architecture Générale d'un Réseau

Qu'est-ce qu'un réseau ?

- ▶ Une infrastructure :
 - De différentes tailles : Internet, réseau local, ...
 - Constituée d'équipements de raccordement (routeurs)
 - Support physique de communication : câble de cuivre, fibre optique, liaison sans fil, ...
 - Équipements de raccordement : points d'accès WiFi, Routeurs, Antennes 3G, ...
- ▶ Un ensemble d'équipements d'extrémité : PC, serveurs, imprimantes, ...

Représentation de l'Information

- ▶ Information d'origines diverses :
texte, voix, image, vidéo, ...
- ▶ Transport de l'information indépendant du type d'information
- ▶ 2 types d'information :
 - **données discrètes** : suite d'éléments indépendants; par exemple : texte formé par une association de lettres codées de façon indépendante
 - **données analogiques** : signaux de type continue; par exemple : le son, la température, ...

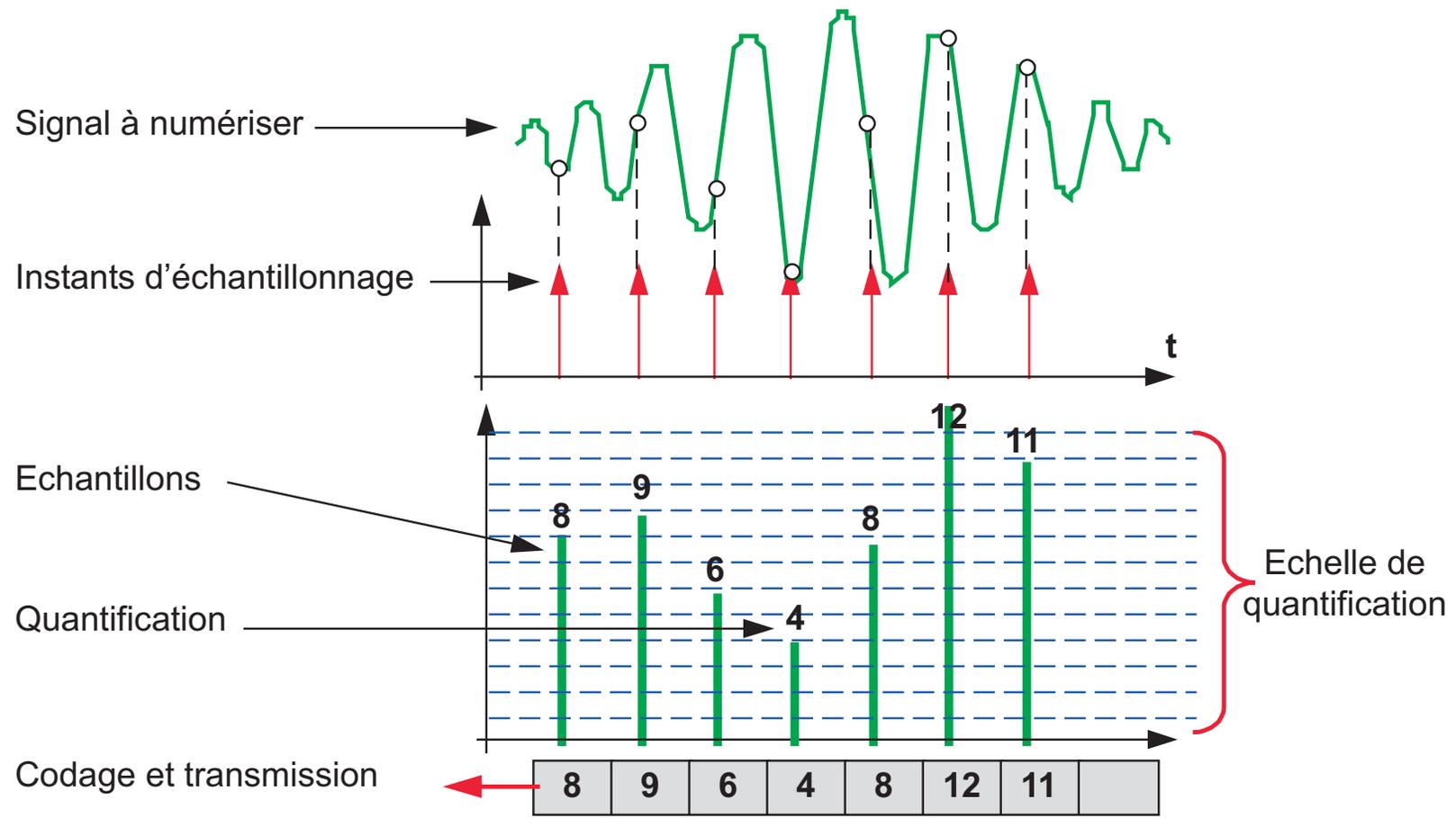
Représentation de l'Information

- ▶ Données manipulées par un ordinateur : bits (**binary digits**)
- ▶ Données codées en binaire ou base 2 : valeurs dans $\{0,1\}$
- ▶ Dûe au principe de fonctionnement des ordinateurs :
 - manipulent des données codées sur 2 niveaux de tension
 - données stockées également sous formes binaire (mémoire, disque magnétique, ...)

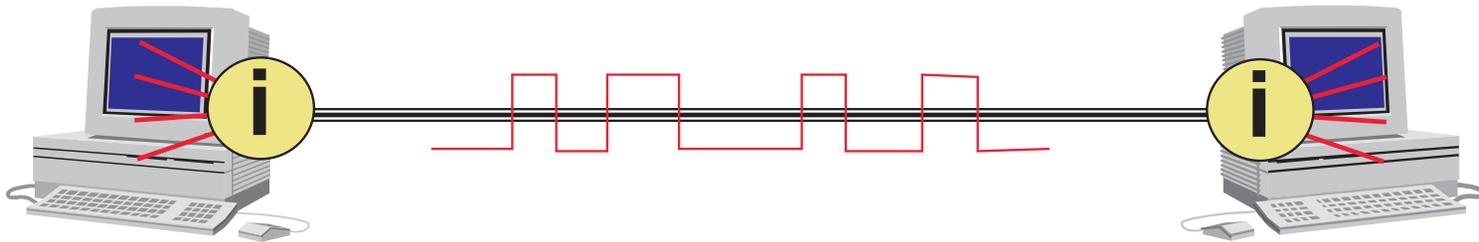
Représentation de l'Information

- ▶ Numérisation des données analogiques
- ▶ Voix enregistrée par une microphone est numérisée par la carte son
- ▶ Traitée ensuite par l'ordinateur
- ▶ Principe de la numérisation :
 - signal mesuré à intervalle régulier
 - valeur du signal mesuré codée en binaire
 - une séquence de mesure forme un signal numérisé

Représentation de l'Information

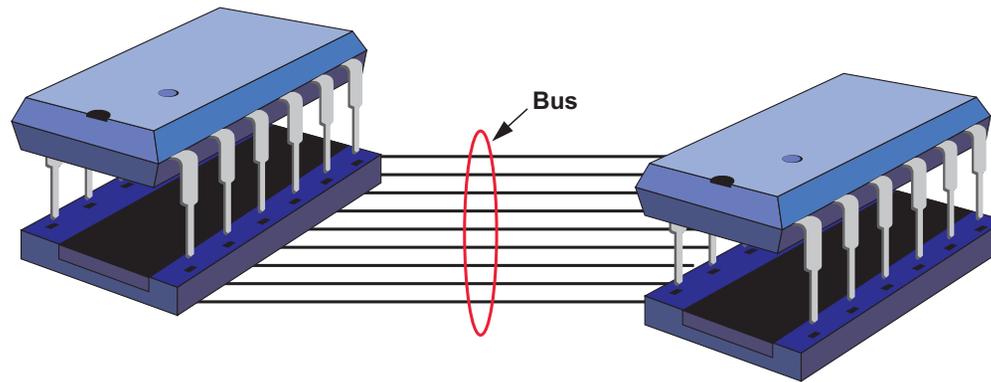


Transmission en Série



- ▶ Transmission des séquences binaires en série
- ▶ Bits transmis à la suite les uns des autres
- ▶ n bits transmis séquentiellement à raison d'un bit par période T
- ▶ Durée de transmission de n bits : $n T$
- ▶ **Vitesse de transmission** ou **débit** : nombre de bits transmis par unité de temps (bit/s)

Transmission en Parallèle



- ▶ caractérisée par un transfert simultané des bits d'un même octet
- ▶ nécessite autant de liaisons qu'il y a de bits à transmettre
- ▶ augmente le débit proportionnellement au nombre de liaison

Délais, Pertes et QoS

Origine de la **latence** :

- ▶ Délai de traitement dans le routeur (μs) : décodage de l'adresse, contrôle d'intégrité, routage, ...
- ▶ Délai d'attente dans la file du routeur (μs à ms) : dépend essentiellement de l'intensité du trafic
- ▶ **Délai de transmission** sur le lien : délai de transmission du message, égal au rapport entre la longueur du message et le débit de la ligne
- ▶ **Délai de propagation** sur le support (μs) : temps nécessaire pour parcourir le support; 250 ms pour aller de la terre à un satellite ($7 \mu s / km$); $4 \mu s / km$ sur Ethernet

Délai pour une communication série

On note la taille du paquet « L » (en bits) et on suppose que le paquet voyage dans un lien de longueur « l » (en km), avec un débit « d » (en bits/sec) et vitesse de propagation « v » (en km/sec).

- ▶ Délai de transmission : $d_{trans} = L / d$
- ▶ Délai de propagation : $d_{prop} = l / v$
- ▶ Délai total : $d = d_{trans} + d_{prop}$

Délais, Pertes et QoS

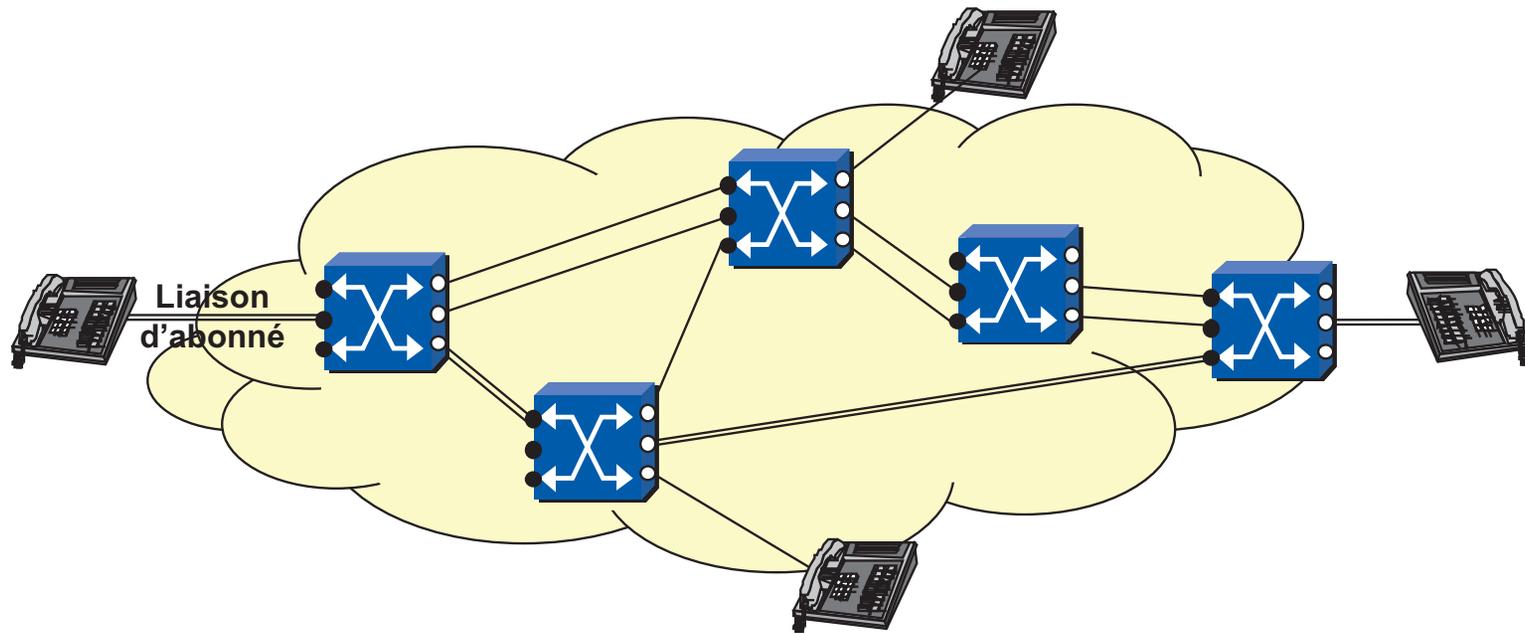
- ▶ Réseau de type *best-effort*
- ▶ Paquets acheminés au mieux
- ▶ 2 paquets pour la même destination peuvent emprunter 2 routes différentes
- ▶ Pas de garantie quant aux délais et aux taux de perte
- ▶ Problématique pour certaines applications : voix, vidéo, jeux en ligne, ...

Techniques de Commutation

Commutation de circuits

- ▶ Liens physique ou logique établis entre émetteur et récepteur
- ▶ Initialement utilisée par les réseaux téléphoniques
- ▶ RTC : Réseau Téléphonique Commuté
- ▶ Bande passante garantie car ressources réservées de bout en bout
- ▶ Parfaitement adaptée aux communications vocales
- ▶ Mais sous-utilisation des ressources

Commutation de Circuits

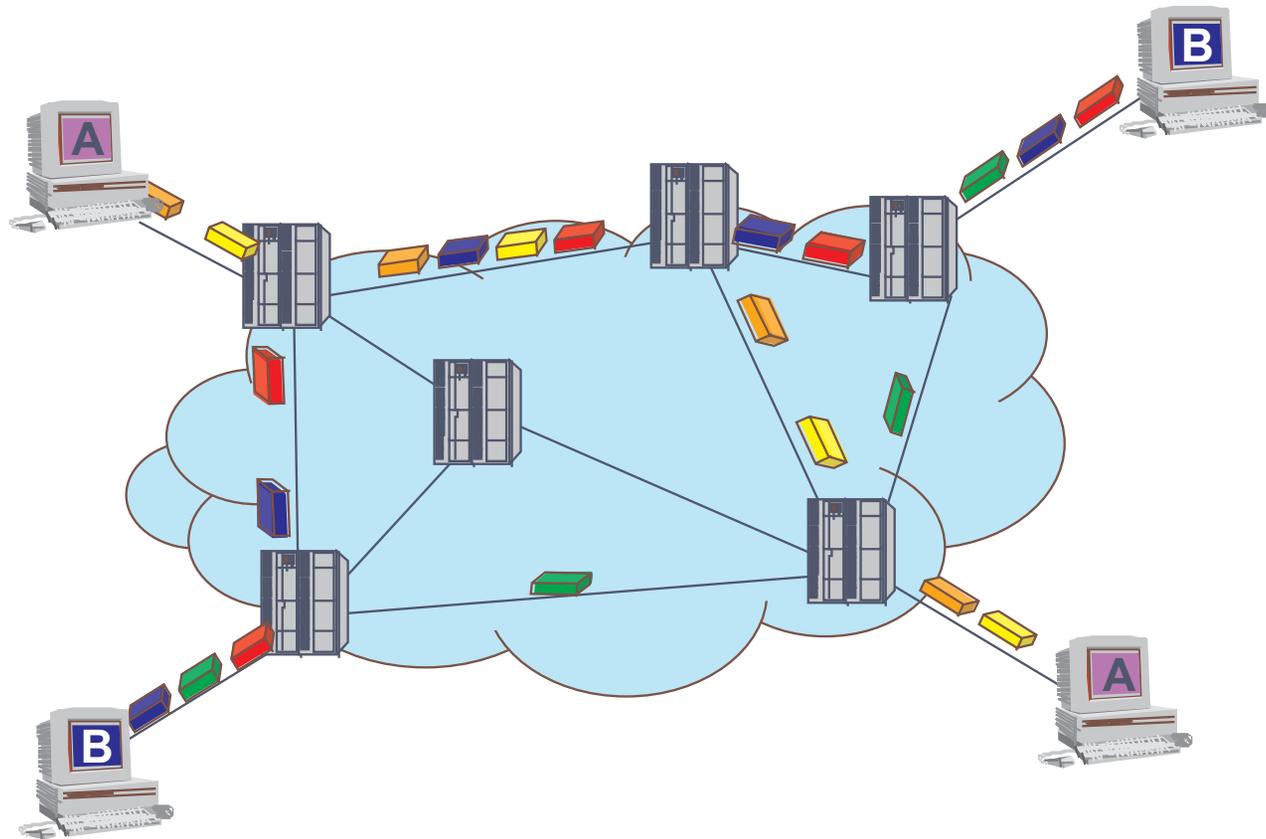


Techniques de Commutation

Commutation de paquets

- ▶ Conçue pour l'échange de données numériques
- ▶ Paquets transmis de routeurs en routeurs
- ▶ Paquet mémorisé dans un routeurs puis transmis au suivant
- ▶ Possibilité de reprise sur erreur
- ▶ Choix du chemin réalisé suivant la charge courante du réseau
- ▶ Mais délai de transmission non borné

Commutation de Paquets



Différents Types de Réseaux

Réseau à diffusion vs. réseau point-à-point

Réseau **point-à-point** :

- ▶ Liens point-à-point connectant des paires de machines individuelles
- ▶ Message appelé **paquet**
- ▶ Message allant d'une source à une destination
- ▶ Peut transiter par une ou plusieurs machines intermédiaires
- ▶ Plusieurs routes possibles
- ▶ appelé transmission par **diffusion individuelle** ou **unicast**

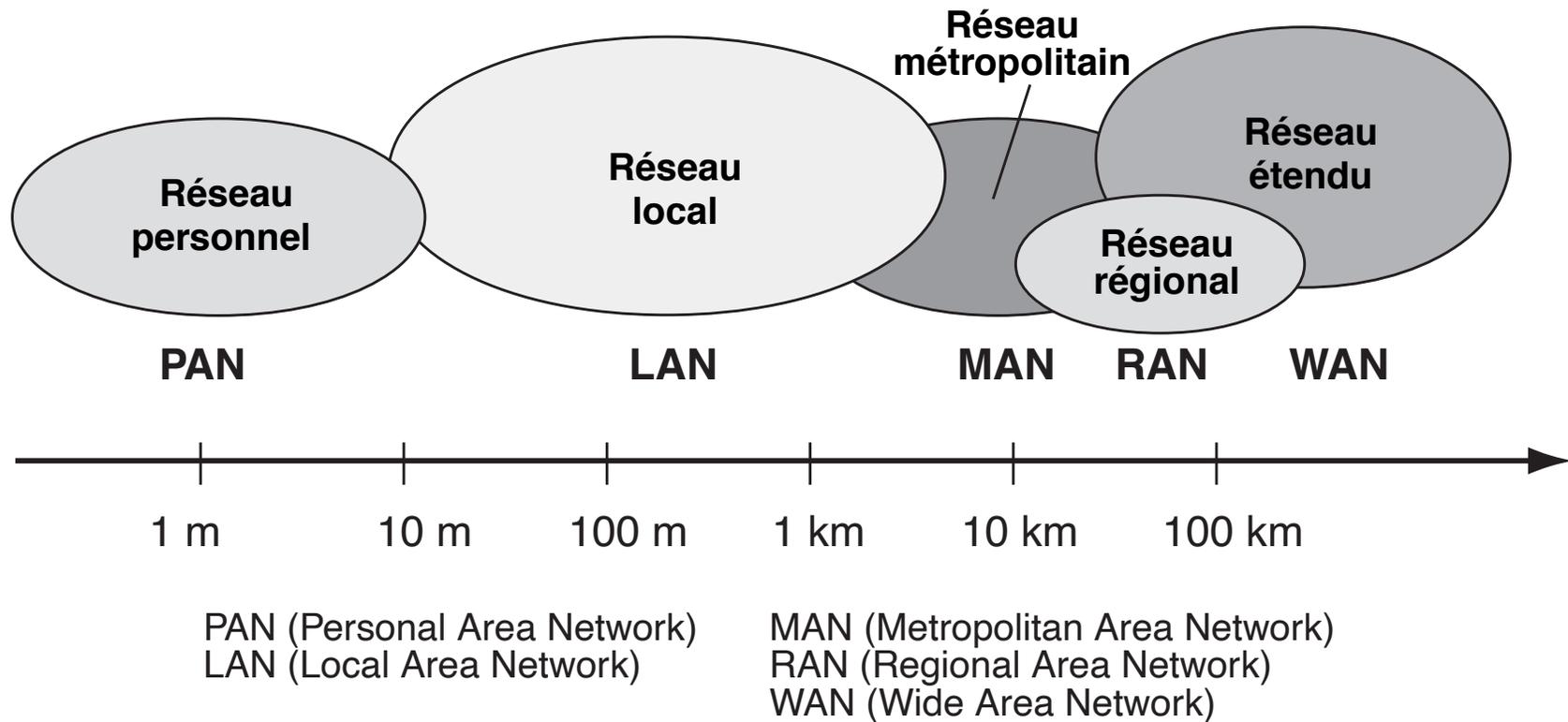
Différents Types de Réseaux

Réseau à diffusion vs. réseau point-à-point

Réseau à **diffusion** :

- ▶ Un canal de transmission partagé par tous
- ▶ Paquets reçus par toutes les machines
- ▶ Seule la machine destination récupère le message
- ▶ Machine destination identifiée par une adresse
- ▶ Paquet ignoré par les autres machines
- ▶ Possibilité d'adresser un paquet à toute les machines : **diffusion générale** ou **broadcast**
- ▶ Paquet destiné à un sous-ensemble de machines : **diffusion restreinte** ou **multicast**

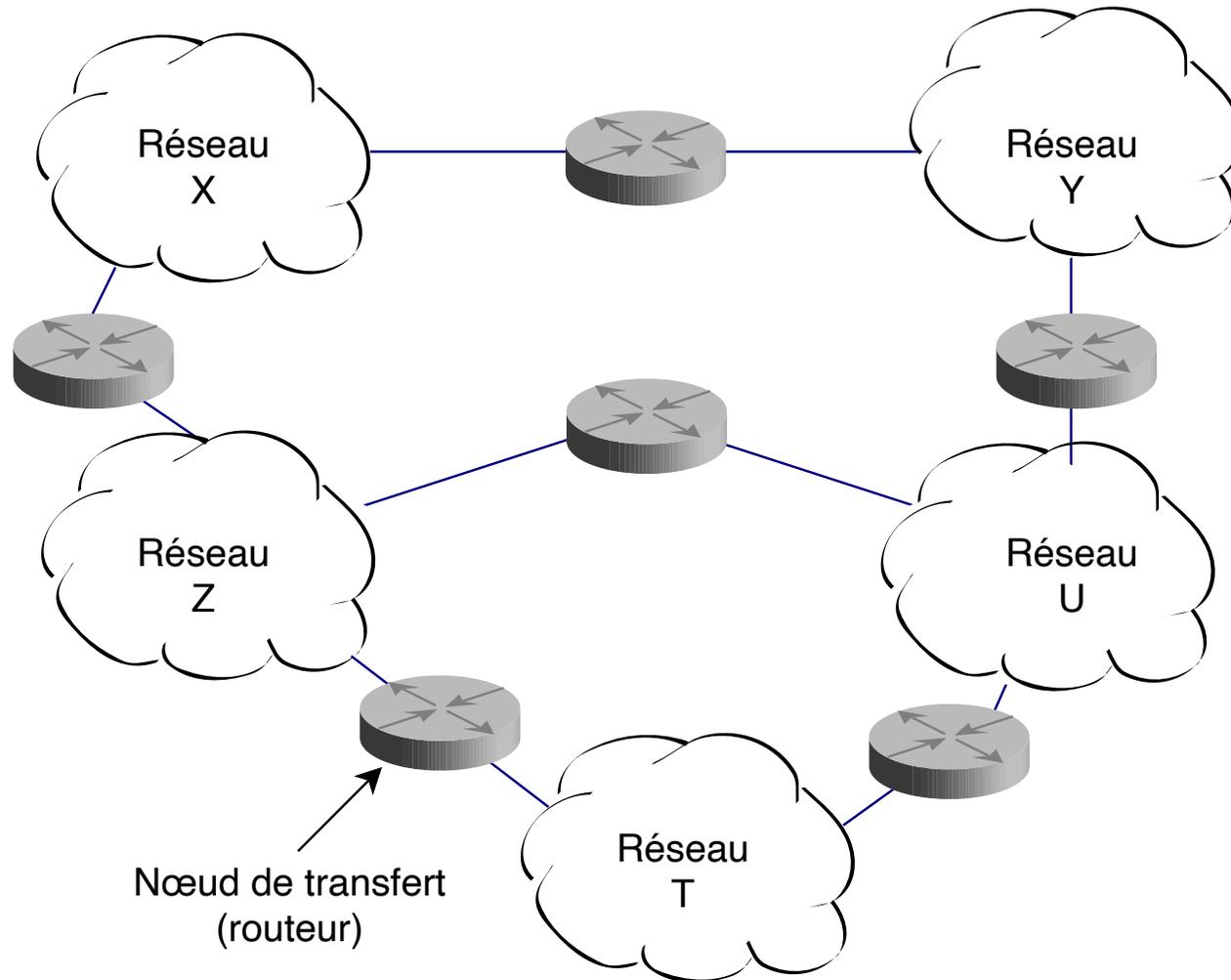
Différents Types de Réseaux



Différents Types de Réseaux

| <i>Distance entre les machines</i> | <i>Emplacement des machines</i> | <i>Exemple</i> |
|------------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| 1 m | Quelques mètres carrés | Réseau personnel |
| 10 m | Une salle | Réseau local |
| 100 m | Un immeuble | |
| 1 km | Un campus | |
| 10 km | Une ville | Réseau métropolitain |
| 50 km | Une région | Réseau régional |
| 100 km | Un pays | Réseau étendu |
| 1 000 km | Un continent | |
| 10 000 km | Une planète | Internet |

Internet : des réseaux inter-connectés



Le Réseau Internet : historique

- ▶ 1961 : premier texte théorique sur les télécommunications par paquets par Leonard Kleinrock du MIT
- ▶ 1962 : début du projet sur un réseau d'interconnexion d'ordinateur par le DARPA (*Defence Advanced esearch Project Agency*)
- ▶ 1965 : première connexion informatique à longue distance, entre le Massachusetts et la Californie
- ⇒ mise en évidence des faiblesses des réseaux à commutation de circuit
- ▶ 1969 : premier réseau informatique composé de 4 ordinateurs hébergés dans 4 universités connu sous le nom ARPANET; considéré comme l'ancêtre d'Internet

ARPANET²

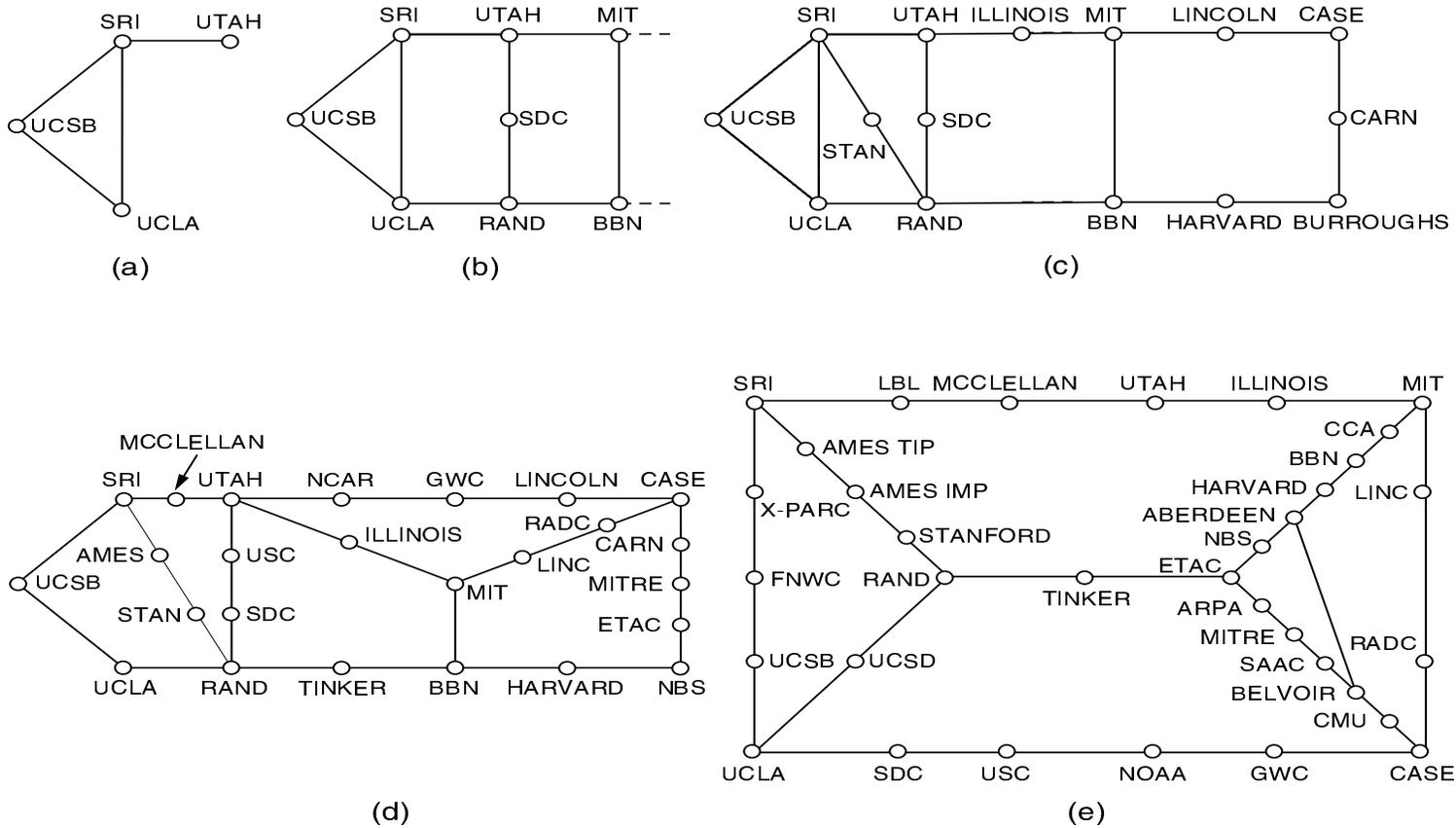


Figure 1-27. Growth of the ARPANET. (a) December 1969. (b) July 1970. (c) March 1971. (d) April 1972. (e) September 1972.

2. Figure extraite de [Tanenbaum 11]

Architecture d'Internet

- ▶ Conçu pour l'interconnection de réseaux hétérogènes : réseaux satellitaires, réseaux radio, réseaux filaires, ...
- ▶ Concept de modèle ouvert dès 1970 : réseaux locaux développés en interne et interconnectés à Internet via une **passerelle**
- ▶ Succès dès le début des années 1980

Démocratisation d'Internet

- ▶ Nombreuses organisations publiques et privées s'y raccordent (d'abord américaines puis de toutes origines)
- ▶ Développement de nombreuses applications : messagerie électronique (1972), web (1989)
- ▶ Utilisation d'Internet explose au cours des années 1990
- ▶ Multiplication des applications et concurrence au réseau téléphonique dès les années 1990

Gouvernances d'Internet

ISOC. Internet Society (www.isoc.org), crée en 1992 :

- ▶ Organisation à but non lucratif
- ▶ Exerce une autorité morale et technique sur les organisations gérant l'Internet : ICANN et IAB

ICANN. Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (www.icann.org), créée en 1998

- ▶ Association à but non lucratif
- ▶ Composante IANA – Internet Assigned Numbers Authority
- ▶ Distribution des adresses IP
- ▶ Noms de domaines de hauts niveaux (.com, .org, .net, .fr, ...)
- ▶ Numéro d'identification des protocoles
- ▶ Gestion des serveurs DNS de la racine

Gouvernances d'Internet

IAB. Internet Architecture Board (www.iab.org) :

- ▶ **IRTF** – Internet Research Task Force (www.irtf.org)

Comité technique, chargé de l'évolution des protocoles, architectures et technologies sur le long terme, qui prépare les futurs travaux de l'IETF

- ▶ **IETF** – Internet Engineering Task Force (www.ietf.org)

Comité technique qui établit les spécifications et réalise les premières implémentations des nouveaux protocoles et qui produit les normes de l'Internet sous forme de RFC

RFC

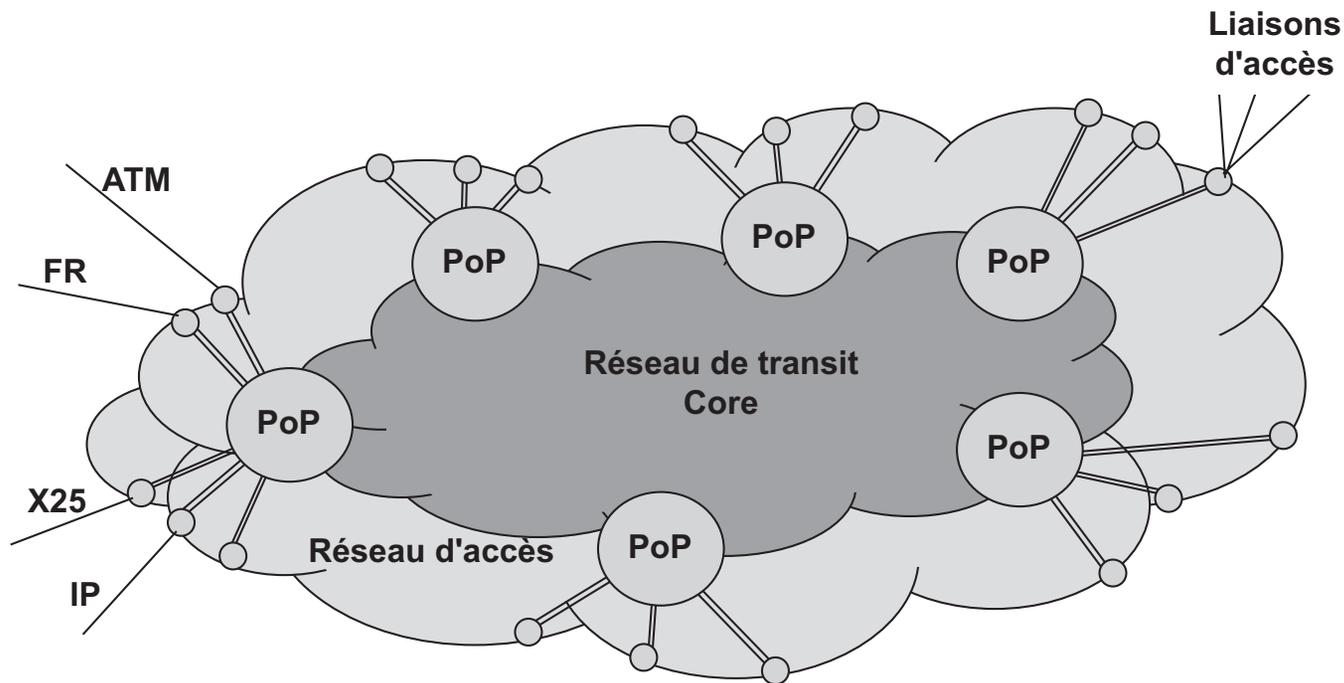
Request For Comment

- ▶ Définissent les protocoles Internet
- ▶ Identifié par un numéro : RFC 791
(première version du protocole IP)
- ▶ Disponible à <https://www.ietf.org/rfc.html>
- ▶ Présentées au format texte et contient :
 - Auteurs et leurs appartenances
 - Date de publication
 - Numéro de RFC et RFC mises à jours
 - Catégorie de la RFC

Structure et Acteurs

Acteurs physiques :

- ▶ L'équipement d'extrémité (PC, serveurs, ...) situé chez le client
- ▶ Réseau d'accès (boucle locale) et interfaces PoP (*Point of Presence*)
- ▶ Réseau de transit ou « Core » (routeurs, liaisons très haut débit, ...)



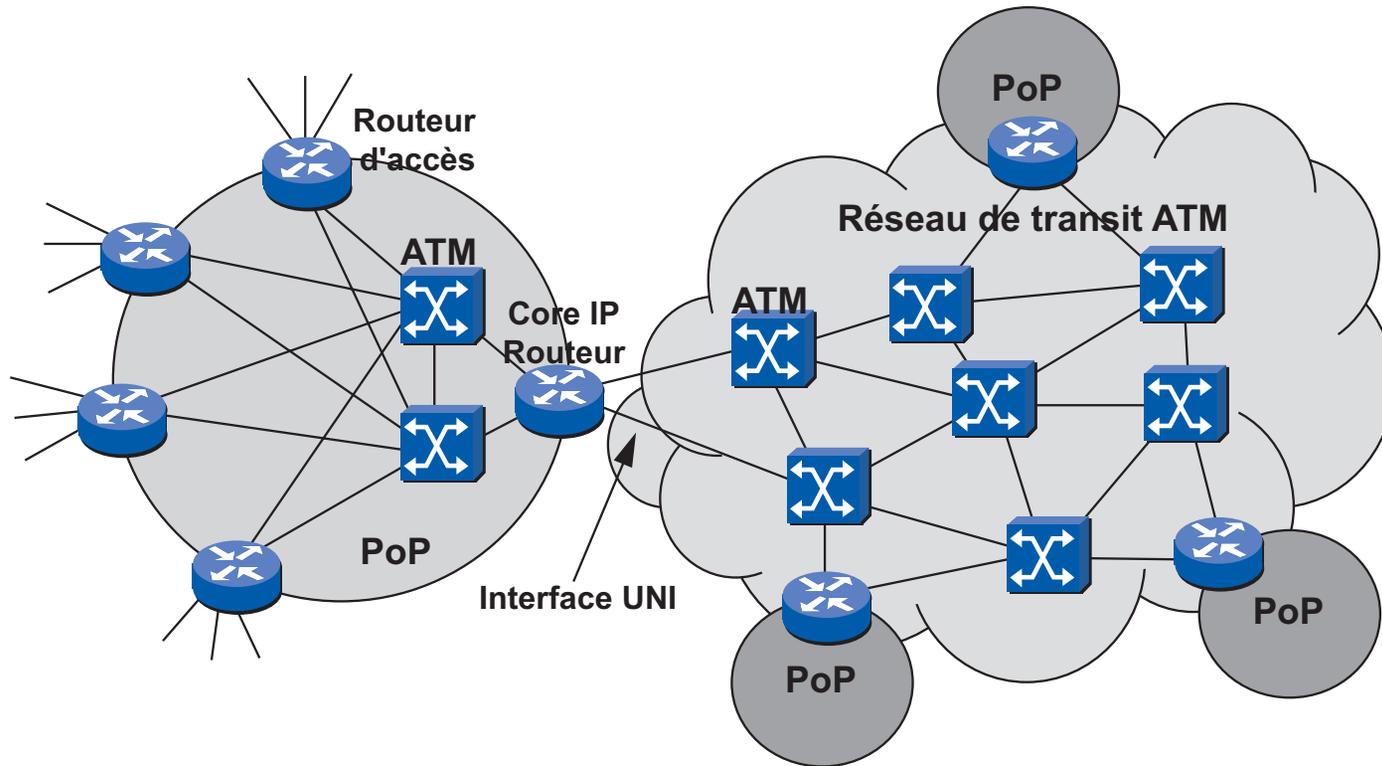
Réseau d'accès

- ▶ Réseau d'accès ou réseau de distribution
- ▶ Relie les réseaux d'entreprise ou de particuliers aux réseaux d'opérateurs
- ▶ xDSL, réseaux câblés, fibre optique, ...
- ▶ Fournisseur d'accès Internet (FAI) ou Internet Service Provider (ISP)
 - Utilise les réseaux d'opérateurs de télécommunication
 - Fournit une adresse internet
 - Fournit différents services tels que la messagerie électronique, nom de domaine, hébergement de page web, ...

Le Cœur du Réseau

- ▶ Cœur d'Internet formé par les opérateurs de transport
- ▶ Réseaux fédérateurs (ISP de niveau 1, 2, ou 3)
 - Couverture internationale
 - Constitués de liaison terrestre, sous-marines, satellitaires
 - Débits de l'ordre de 40 Go/s pour le niveau 1
 - Exemples : Verizon, AT&T

Réseau internet



Architecture des Réseaux

Modèle en couches

- ▶ Nécessité de règles communes pour établir une communication entre réseaux
 - ▶ Concerne à la fois les équipements matériels et les logiciels
 - ▶ Caractéristiques d'un réseau variées :
 - Support de transmission
 - Représentation du signal
 - Règles de communication
- ⇒ Architecture réseau organisée en couche

Architecture des Réseaux

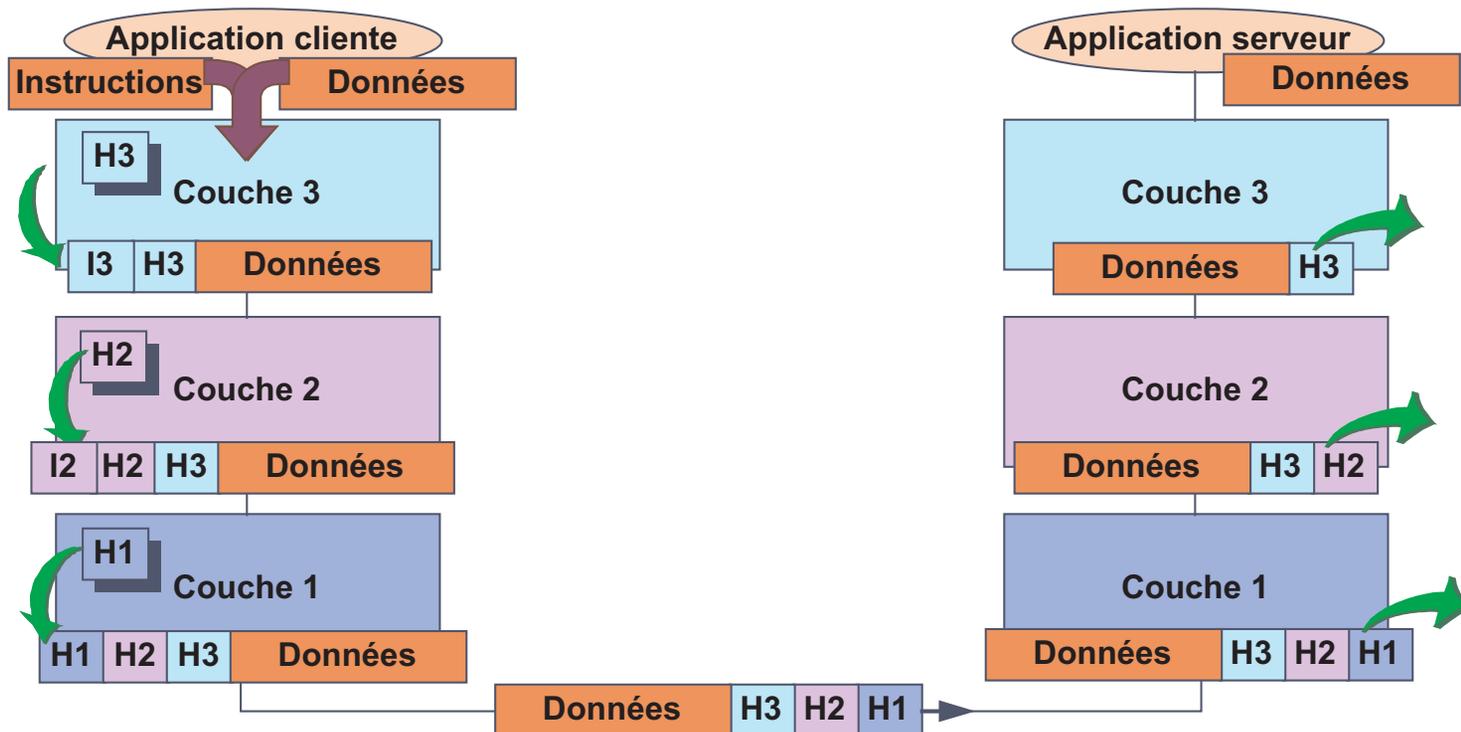
Modèle en couches

- ▶ **Couche** (ou **layer**) correspondant à un ensemble de fonctionnalités d'un même domaine :
 - une couche pour les caractéristiques physiques : nature du signal, support, ...
 - une couche pour la méthode de commutation choisie
 - une couche pour le service rendu
- ▶ Organisées verticalement : une couche correspond avec la couche immédiatement supérieur/inférieur
- ▶ Échange entre les couches adjacentes par primitives de service

Architecture des Réseaux

Modèle en couches

- ▶ Traitement réalisé par une couche transparent pour celles adjacentes
- ▶ Possibilité de modifier une couche sans modifier les autres



Principe d'Encapsulation

- ▶ Émission de données par un service
- ▶ Données traitées en premier par la couche de plus haut niveau
- ▶ Ajout d'un entête contenant des informations nécessaires à la couche de même niveau de la destination
- ▶ Passage des données et de l'entête à la couche directement inférieure
- ▶ Ajout d'une entête par la couche inférieure
- ▶ Processus répété de couche en couche

Principe d'Encapsulation

- ▶ Paquet reçu par le destinataire
- ▶ Traité par le protocole de plus bas niveau
- ▶ Retrait de l'entête et passage du paquet à la couche supérieure
- ▶ Processus répété jusqu'à la couche de plus haut niveau
- ▶ C'est le processus de *désencapsulation*

Modèle OSI

- ▶ Définition du modèle OSI en 1984 (norme ISO 7498)
- ▶ Définit 7 couches :

Application. Interface entre l'utilisateur et le réseau

Présentation. Gère la syntaxe et le format des données, les fonctions de compression et de chiffrement

Session. Synchronisation entre émetteur et récepteurs

Transport. Acheminement et du contrôle de la transmission

Réseau. Etablit le chemin vers la destination

Liaison. Développée pour gérer le transport des données sur chaque lien constituant le chemin vers la destination

Physique. Transmission des données brutes : définit les caractéristiques des signaux et celles du support de transmission

Principe d'Encapsulation (modèle OSI)

