

Ministère de l'enseignement supérieur,  
de la recherche scientifique  
Université de Carthage

# Cours Fondement des Réseaux

LIG - Semestre 2

Enseignante: Dr. Wafa AKKARI  
[wefa.akkari@gmail.com](mailto:wefa.akkari@gmail.com), [wafa.akkari@ensi-uma.tn](mailto:wafa.akkari@ensi-uma.tn)

© ISGB 2019-2020

# Plan Général du cours

---

## I. Chapitre 1. Introduction aux réseaux Informatiques

1. Concepts de base
2. Supports de transmission
3. Signaux et bande passante
4. Topologies et types de réseaux

## II. Chapitre 2: Normalisation modèle OSI

1. Introduction modèle en couches
2. Modèle OSI
3. Modèle TCP/IP

## III. Chapitre 3: Les réseaux locaux Filaires

1. Les réseaux Ethernet
2. Interconnexion des réseaux

## IV. Chapitre 4: Le protocole IP

1. IPv4
2. IPv4 avec subnetting & CIDR
3. IPv6

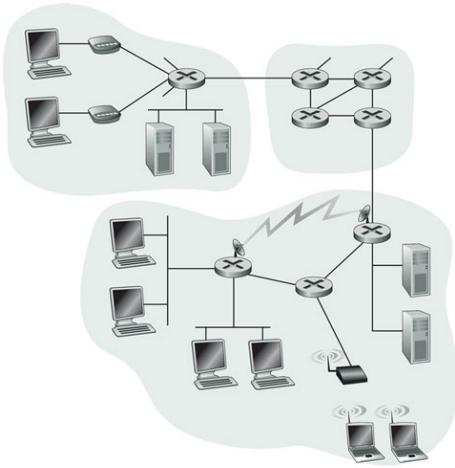
# **Chapitre 1**

# **Introduction aux réseaux informatiques**

# Introduction (1)



## Réseau de neurones



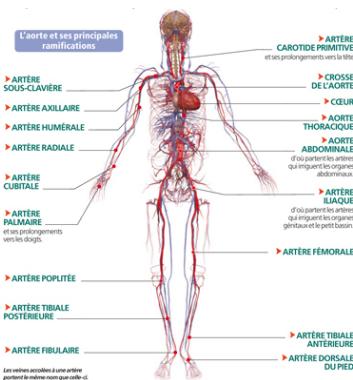
## Réseau Informatique



## Réseau Social



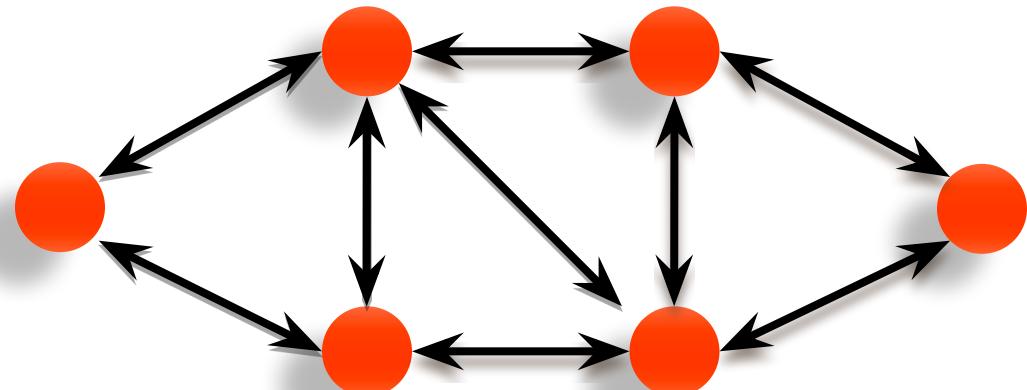
## Réseau Routier



## Réseau Sanguin

## Introduction(2):Réseaux de communication

- ✓ Un réseau de communication est constitué d'un ensemble d'**équipements** ou nœuds émetteurs/récepteurs reliés par des **liaisons de communication**.



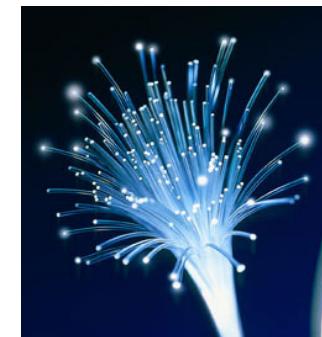
- ✓ Il se caractérise par:
- La **nature** des nœuds sources/destinations (ordinateurs, téléphones, terminaux, commutateurs, imprimantes,...);
  - La **répartition géographique** des nœuds à connecter;
  - Le caractère **public** ou **privé**
  - La **topologie** (réseau maillé, en étoile,...);
  - Les **supports de transmission** (supports métalliques, fibres optiques,...)
  - les **techniques** et les **protocoles** de transmission
  - le **débit** de transmission

# Introduction: Objectifs des réseaux

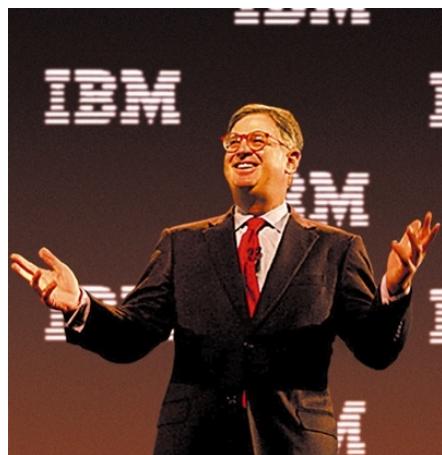
- ✓ Partage des ressources  
Données; équipements; programmes
- ✓ Réduction de coûts
- ✓ Plus de fiabilité
- ✓ Amélioration des performances
- ✓ Un réseau d'ordinateurs est un puissant média de communication
- ✓ Réseaux sociaux, jeux interactifs...

**Réseau d'ordinateurs:** Ensemble d'ordinateurs autonomes interconnectés

# Liaisons vs. Equipements

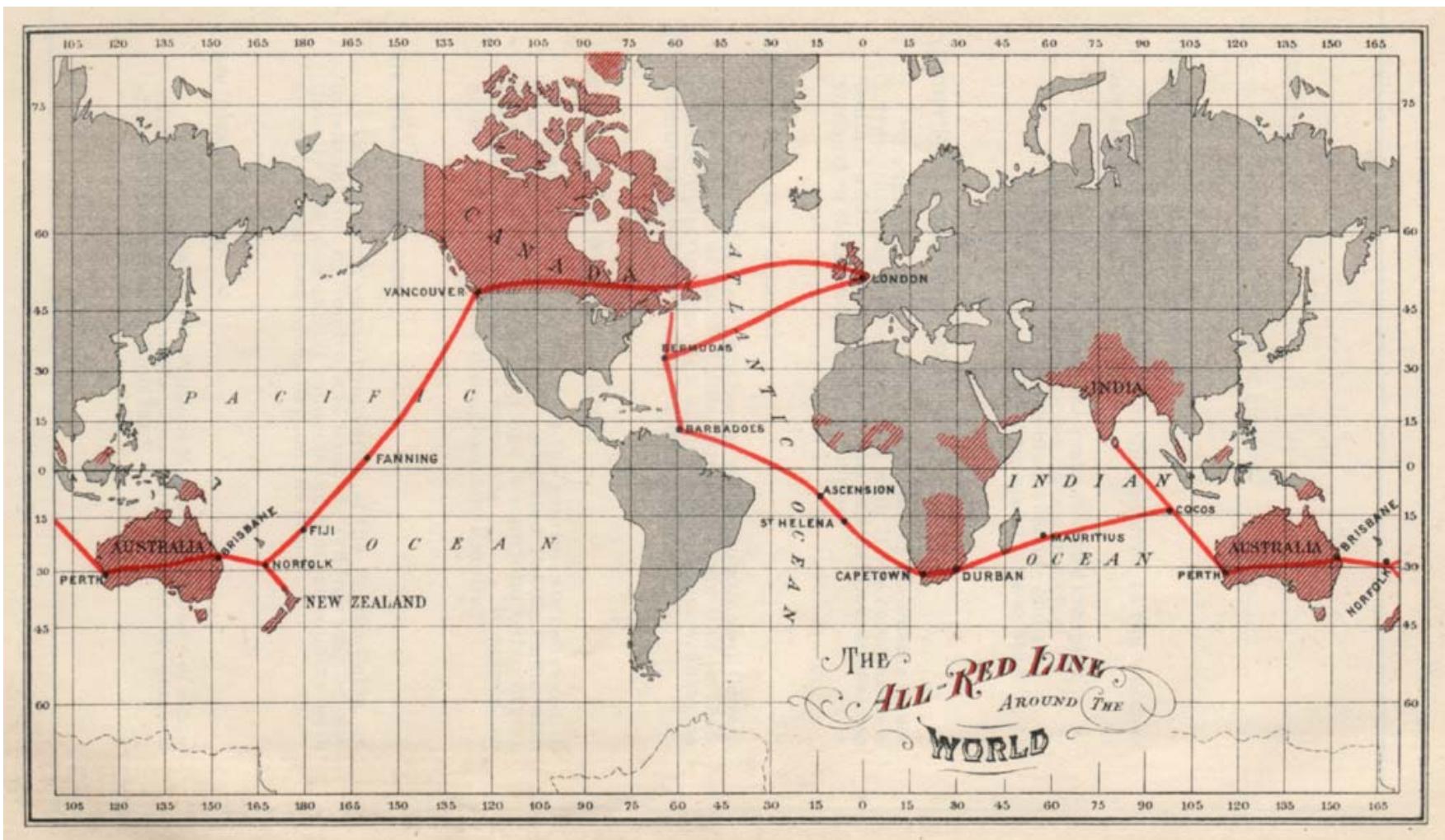


*« ..With the internet and the proliferation of semiconductors, you'll end up with **trillions of things connected** – not just individuals but **cars, roads, homes, appliances, health-care data, and pacemakers.** »*

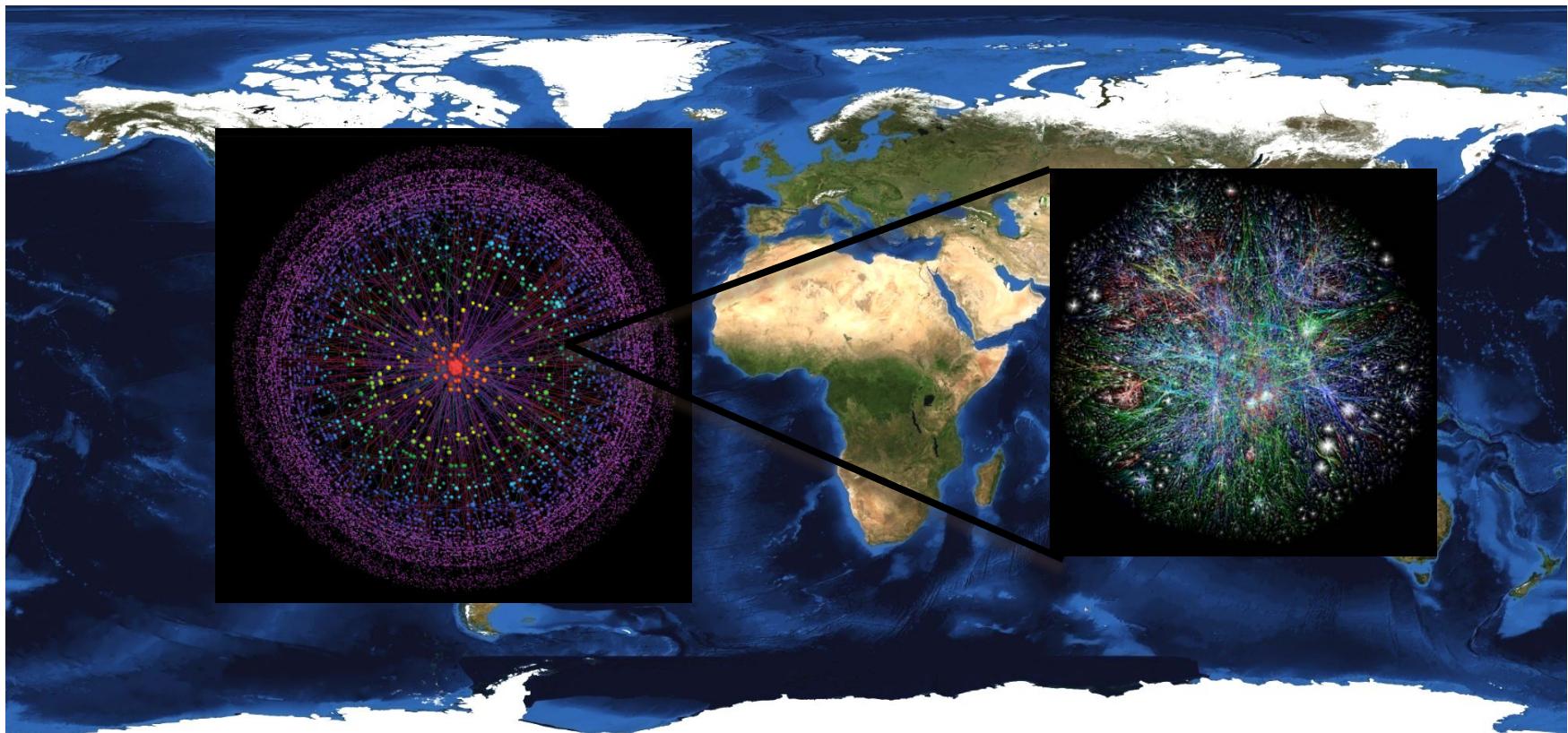


**Samuel J. Palmisano, Chairman IBM,  
interviewed by Business Week  
April 3th 2006 North-American issue, pp  
52-53**

# Once upon a time...



# Current Internet Snapshot

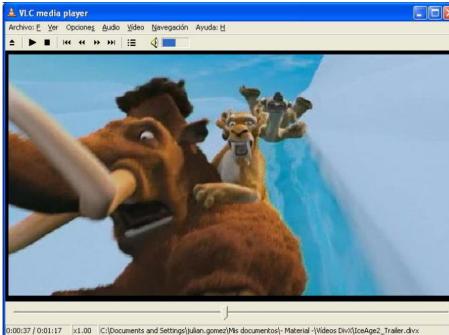


# Applications des Réseaux

twitter



eBay®



facebook

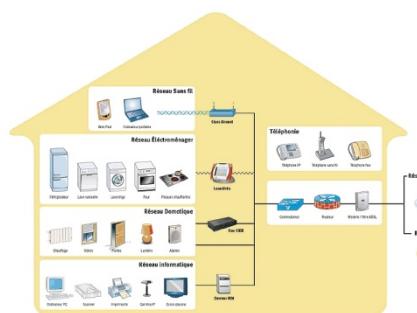
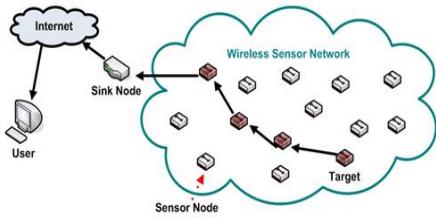


amazon.com.®

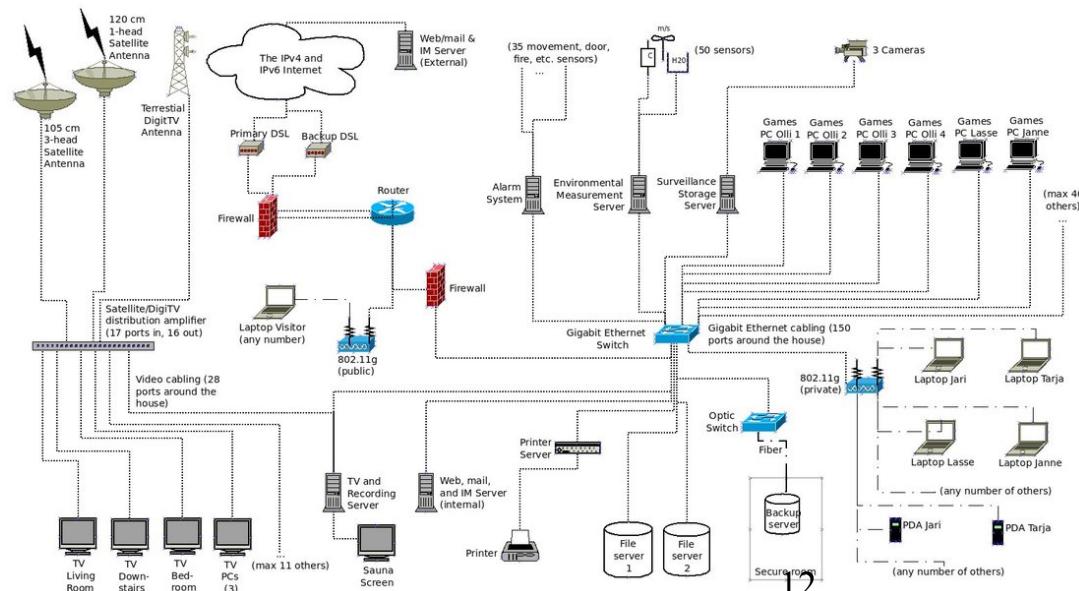
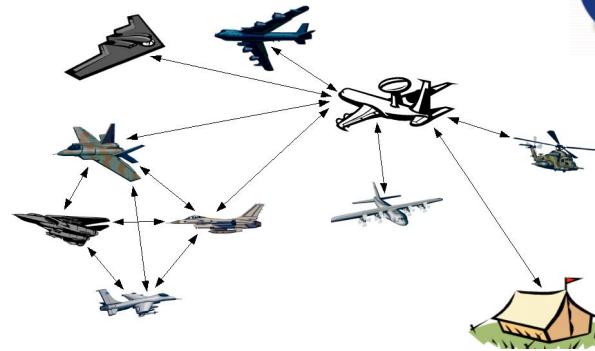
Google™



# Applications des Réseaux



*Defense Advanced Research Projects Agency*



# Introduction (3)

## Les services de télécommunications

- ✓ Téléphonie
  - communication 1 à 1
- ✓ Radio
  - diffusion voix et musique (1 à n)
- ✓ Télévision
  - diffusion images, voix, musique (1 à n)
- ✓ Internet
  - communication n à m, recherche et publication d'informations
  - interactivité
- ✓ Réseaux locaux
  - partage de ressources (imprimantes, disques, applications)

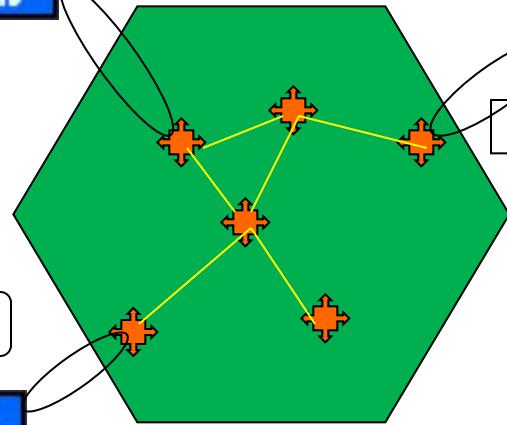
## 3 grandes classes de réseaux

- ✓ On a l'habitude de classer les réseaux numériques en trois grandes catégories selon le domaine industriel concerné :
  - **Les réseaux de télécommunications (la voix, la parole)**
  - **Les réseaux des câblo-opérateurs (l'image, la vidéo)**
  - **Les réseaux Informatiques (les données)**
- Tendance actuelle
- ✓ Faire converger les différentes techniques développées dans chaque secteur pour pouvoir les réunir en un seul réseau cohérent et efficace: **Next Generation Network (NGN)**

# Les réseaux de télécommunication

## Réseau Téléphonique Commuté (RTC)

00 33 6 41 23 63 49



- Le temps de transport dans le réseau doit être limité à 50 microsecondes pour un aller-retour.
- la perte d'un échantillon de temps en temps n'est pas catastrophique, on peut le remplacer par le précédent

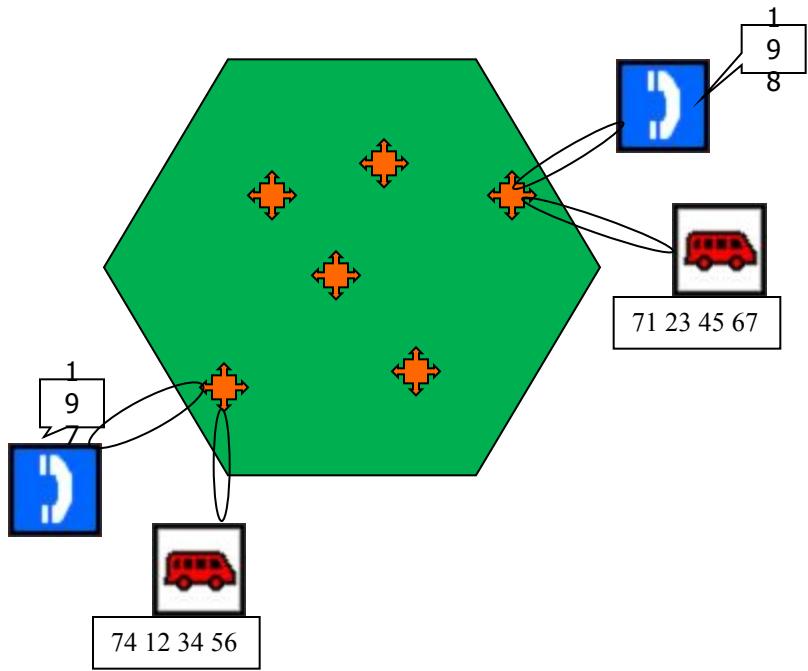


Principe de fonctionnement:  
commutation de circuits

- ✓ Service de base: appels locaux et longues distances
- ✓ Usages
  - voix, fax
  - accès Internet
- ✓ Tarifs:
  - Durée,
  - Distance
- ✓ Éléments
  - terminaux simples
  - commutateurs
  - boucle locale 2 fils cuivre
  - artères (coeur de réseau) en fibre optique
  - Pbs :
    - Pas de garantie de QoS
    - Coût élevé
    - Commutation de circuits ☐ taux d'utilisation faible

# Les réseaux de télécommunication

## Services intelligents



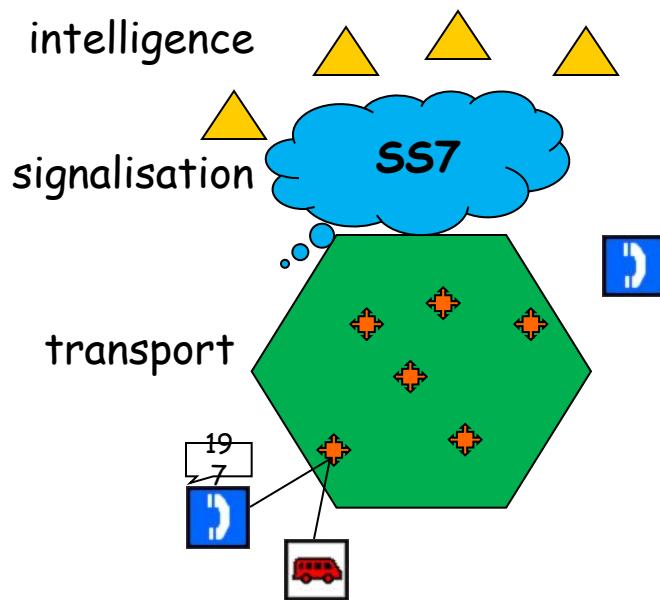
- ✓ Appels d'urgence
  - 112 en Europe
  - 911 en USA
  - où est effectuée la traduction du numéro ?
- ✓ numéros “800” (“verts”)
  - Services
    - Appels gratuits
    - Tarifs spéciaux
- ✓ Où est l’ “intelligence” ?

Des serveurs du réseau fournissent  
“l’intelligence”

- ✓ par ex.: la traduction des numéros

# Les réseaux de télécommunication

## Signalisation RTC



✓ Des serveurs du réseau fournissent l'intelligence”

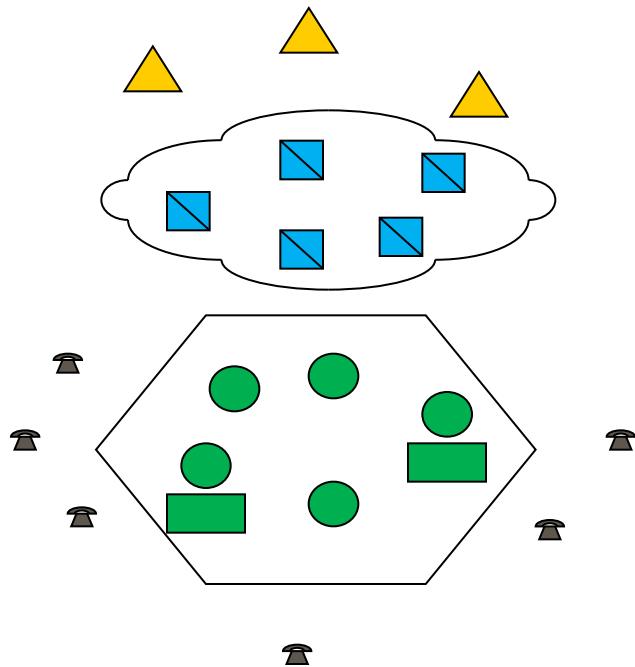
- par ex.: la traduction des numéros

✓ Séparation entre:

- Réseau de transport de la voix
  - Commutation de circuits
- Réseau de signalisation
  - Commutation de paquets
    - messages définis dans le protocole international SS7 Signaling System n°7

# Les réseaux de télécommunication

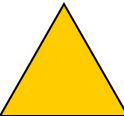
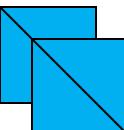
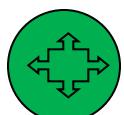
## Structure des Réseaux Téléphoniques



- ✓ Services avancés fournis par des serveurs dans le réseau
- ✓ Commutation de paquets pour la signalisation (call control messages)
- ✓ Commutation de circuits pour la voix
- ✓ Terminaux basiques (peu ou pas d'intelligence pour les téléphones normaux ≠ smart terminals)

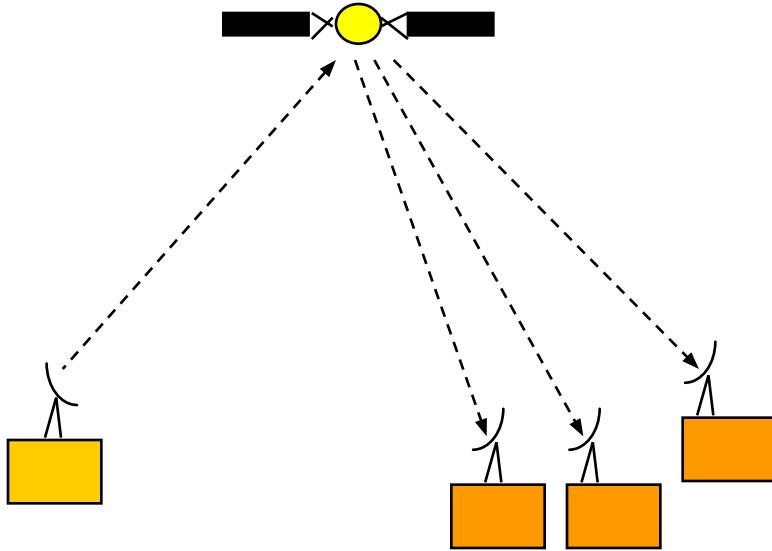
# Les réseaux de télécommunication

## Eléments du Réseau Intelligent

	SCP	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Service Control Point (SCP)</li><li>✓ Signaling Transfer Point (STP)</li><li>✓ Service Switching Point (SSP) normalement intégrés dans les commutateurs téléphoniques</li><li>✓ Intelligent Peripherals<ul style="list-style-type: none"><li>• Associés au switch pour offrir des fonctionnalités additionnelles au SSP</li><li>• Interactive Voice Response (IVR)<ul style="list-style-type: none"><li>• réponse vocale</li></ul></li></ul></li></ul>
	STP	
	SSP	
 Modem/Fax		
 Answering machine		
	Intelligent Peripheral	

# Les réseaux des câblo-opérateurs (1)

## Réseaux radio et télévision



Principe de fonctionnement:  
diffusion (broadcast)

- ✓ Services de base
  - Mise en place de réseaux câblés ou hertziens pour diffusion de son et images par la voie terrestre ou hertzienne.
- ✓ Terminaux
  - récepteurs radio ou télévision
- ✓ Tarifs
  - Redevance
  - Abonnement
- ✓ Support de transmission:
  - Câble coaxial sur la partie terminale du réseau
  - Aujourd'hui : fibre optique à la place du coaxial sur toute l'étendue du réseau (téléphonie + Internet + Télévision ensemble)

# Les réseaux des câblo-opérateurs(2)

## Réseaux radio et télévision

### ✓ Type de transmission:

- ✓ Analogique pour optimiser le coût de l'infrastructure mais
- ✓ La transmission numérique est en train de prendre la relève.

### ✓ Technique principale:

- ✓ FDM (frequency division multiplexing) ou un multiplexage en longueur d'onde (fibre optique)

### ✓ Inconvénients:

- FDM : Requiert autant de récepteurs que de canaux auxquels accéder
  - Un décodeur de télévision pour recevoir un canal parmi ceux disponibles
  - Un modem : accès Internet
  - Un boîtier d'accès téléphonique pour la parole numérique

### ✓ Solution:

- TDM (time division multiplexing) permet d'utiliser un seul émetteur/récepteur pour recevoir tous les canaux
  - Utilisation des modems xDSL (Data Subscriber Line) qui peuvent faire passer quelques Mbps sur des paires de fil métalliques□ transport de la voix, données, images et vidéo

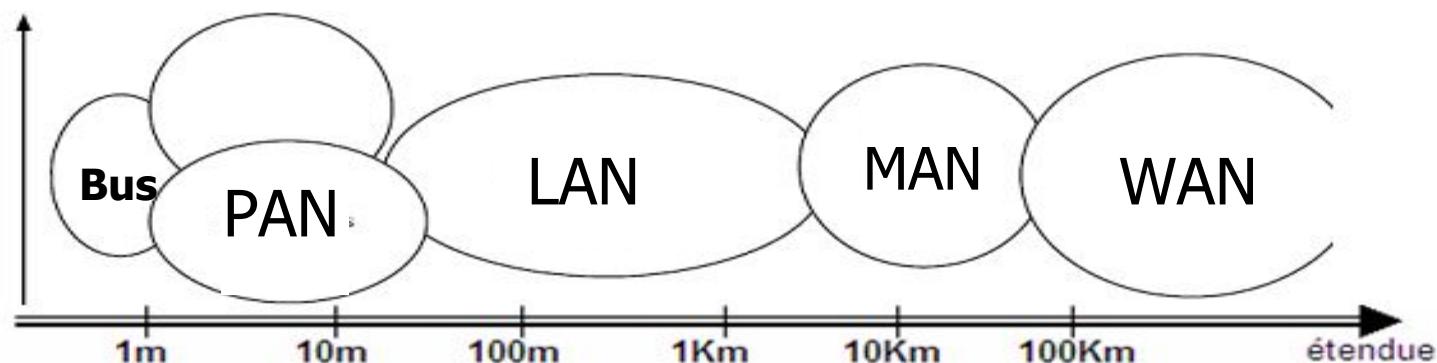
# Les réseaux informatiques(1)

- ✓ À l'origine: Crées pour le transport de données informatiques
- ✓ Aujourd'hui: + Transport de la parole et de la vidéo (QoS)
- ✓ 5 catégories (selon l'étendue)
  - Bus
  - PAN, Personal Area Networks (1 - 100 m) (**voiture, pièce, maison**)
    - Bluetooth, IrDA(Infrared Data Association), Zigbee, 802.15.4
  - LAN, Local Area Networks (100 m - 2,5 km) (**salle, immeuble, campus**)
    - Ethernet, Wi-Fi (Wireless Ethernet, 802.11)
  - MAN, Metropolitan Area Networks (1 - 100 km) (**ville**)
    - ADSL, WiMax
  - WAN, Wide Area Networks (milliers de km) (**région, pays, continent**)
    - X.25, Frame Relay

## Les réseaux informatiques(2)

- ✓ Les BUS :
  - inférieurs à 1 mètre,
  - ils interconnectent les processeurs, les mémoires, les entrées-sorties d'un calculateur ou d'un multiprocesseur.

- ✓ Les PAN (Personal Area Network) :
  - quelques mètres,
  - ils interconnectent les équipements personnels : GSM, portables, organisateurs, etc.



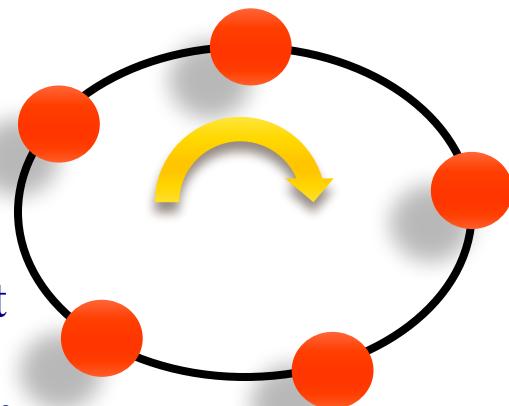
# Les réseaux informatiques: Topologie en Anneau (1)

## ✓ Dans une topologie en anneau

- Les nœuds sont reliés entre eux par des liaisons point à point, l'ensemble forme une boucle
- Les messages transitent de nœud en nœud suivant un sens de rotation

## ✓ Structure dite active

- Les équipements prennent les messages en amont et les recopient en aval
- Besoins d'enlever les messages sinon ils tournent en boucles infinies



# Les réseaux informatiques: Topologie en Anneau (2)

## Avantages

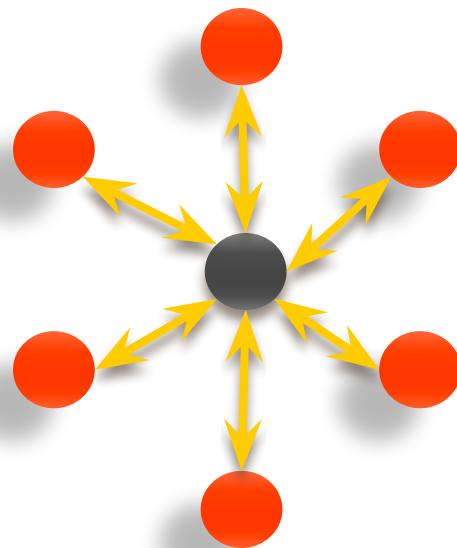
1. Simplicité de l'acheminement des messages
2. Le signal reste toujours de bonne qualité
3. Extension relativement facile
4. Diffusion non coûteuse

## Inconvénients

1. La défaillance d'un nœud ou d'une liaison paralyse le réseau
2. Pb de sécurité car tout message est reçu par tous les nœuds
3. Coûteuse puisqu'il est nécessaire d'assurer la répétition du signal
4. La synchronisation entre toute paire de voisins

# Les réseaux informatiques: Topologie en Étoile (1)

- ✓ La topologie en étoile est composée
  - d'un nœud de commutation central
  - auquel sont reliés, par des liaisons point à point, tous les autres nœuds



# Les réseaux informatiques: Topologie en Etoile (2)

## Inconvénients

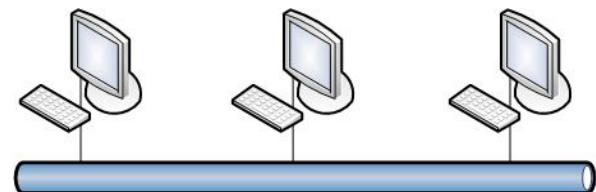
1. le risque de surcharge du nœud central
2. la défaillance du nœud central paralyse toute communication à travers le réseau
3. l'extensibilité du réseau est limitée
4. la diffusion peut nécessiter des mécanismes /opérations particulières
5. longueur totale du câblage importante

## Avantages

1. Niveau de sécurité important car communications point à point
2. Débit important car pas de collision
3. La défaillance d'un nœud autre que le nœud central ne pose aucun problème
4. Mise en place et extension non complexes

# Les réseaux informatiques: Topologie en bus (1)

- ✓ Tous les nœuds sont raccordés à une même liaison physique multipoint appelée bus



- ✓ Le contrôle d'accès est:
  - soit centralisé au niveau d'un nœud maître
  - soit réparti à travers les différents nœuds
- ✓ On distingue deux types de bus : **unidirectionnel** et **bidirectionnel**
  - Pour un bus unidirectionnel les signaux circulent suivant un sens bien déterminé, il est donc nécessaire d'utiliser 2 canaux (un par sens)
  - Pour un bus bidirectionnel les signaux peuvent circuler dans les deux sens

# Les réseaux informatiques: Topologie en bus(2)

- ✓ Les bus peuvent être des structures passives :
  - ils ne possèdent pas de composants électroniques pour maintenir ou régénérer le signal
- ✓ Il est aussi possible d'étendre la longueur physique d'un bus au moyen de répéteurs
- ✓ Une autre extension possible de la topologie en bus est celle où plusieurs bus sont reliés au moyen de répéteurs pour former un réseau dit en arbre

# Les réseaux informatiques: Topologie en bus (3)

## Avantages

1. Facilité d'ajout ou de suppression d'un nœud
2. La défaillance d'un nœud n'a presque pas d'incidence sur le réseau
3. Propriété de diffusion (suite à une même émission)
4. Coût relativement faible (câblage)

## Inconvénients

1. Une coupure du réseau divise le réseau en deux et rend le réseau non opérationnel
2. La longueur du bus est limitée (dans le cas d'un bus passif)
3. Un seul nœud peut émettre à la fois (dans le cas d'un seul canal)
4. Niveau de sécurité faible

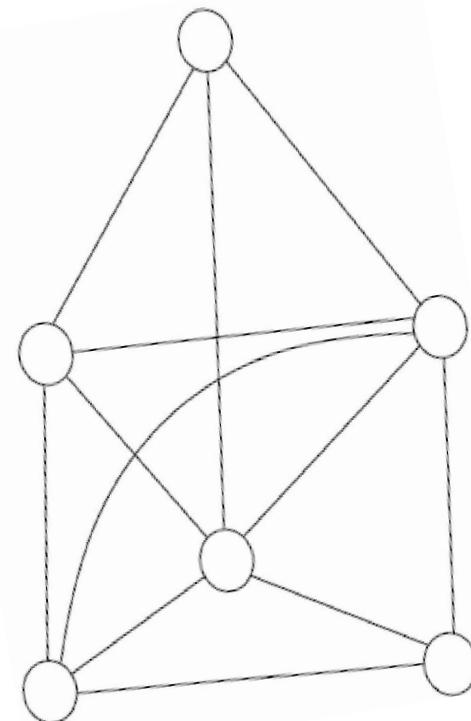
# Les réseaux informatiques: Topologie maillé

## ✓ Avantages:

- Niveau de sécurité très important
- Pas de problème en cas de panne d'une station
- Performances importantes (débit réduit +délai important,..)

## ✓ Inconvénients:

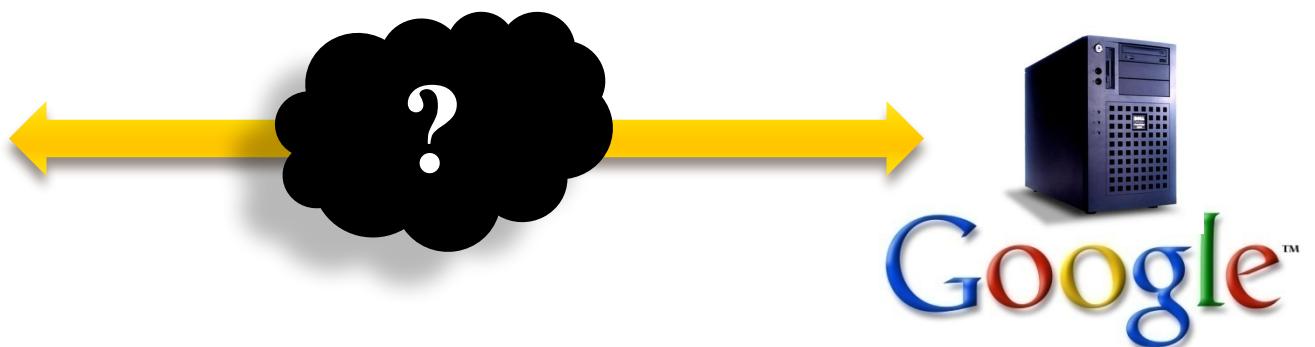
- Installation compliquée
- coût de câblage important
- Extension difficile
- Diffusion coûteuse



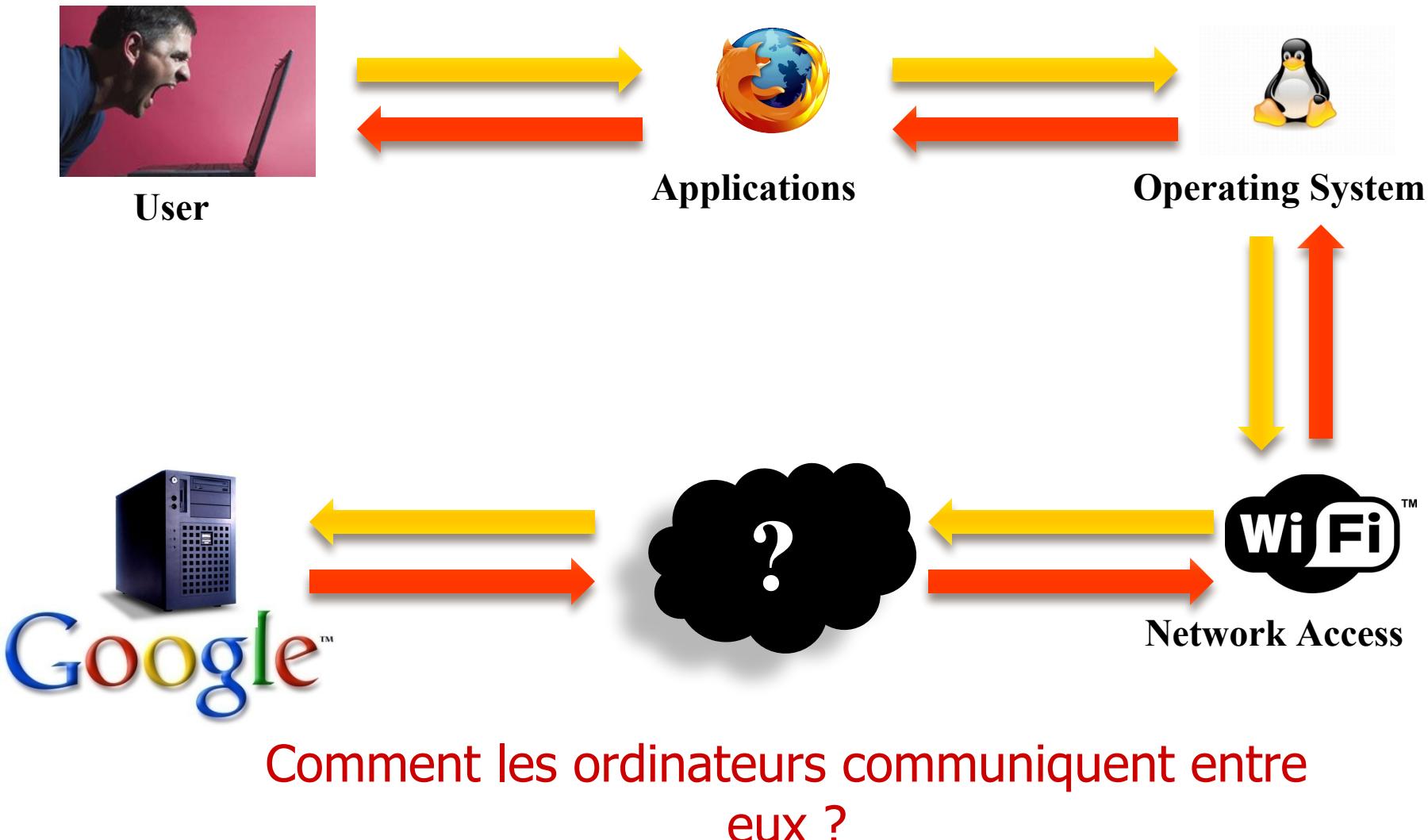
# Comment les ordinateurs communiquent entre eux ? (1)



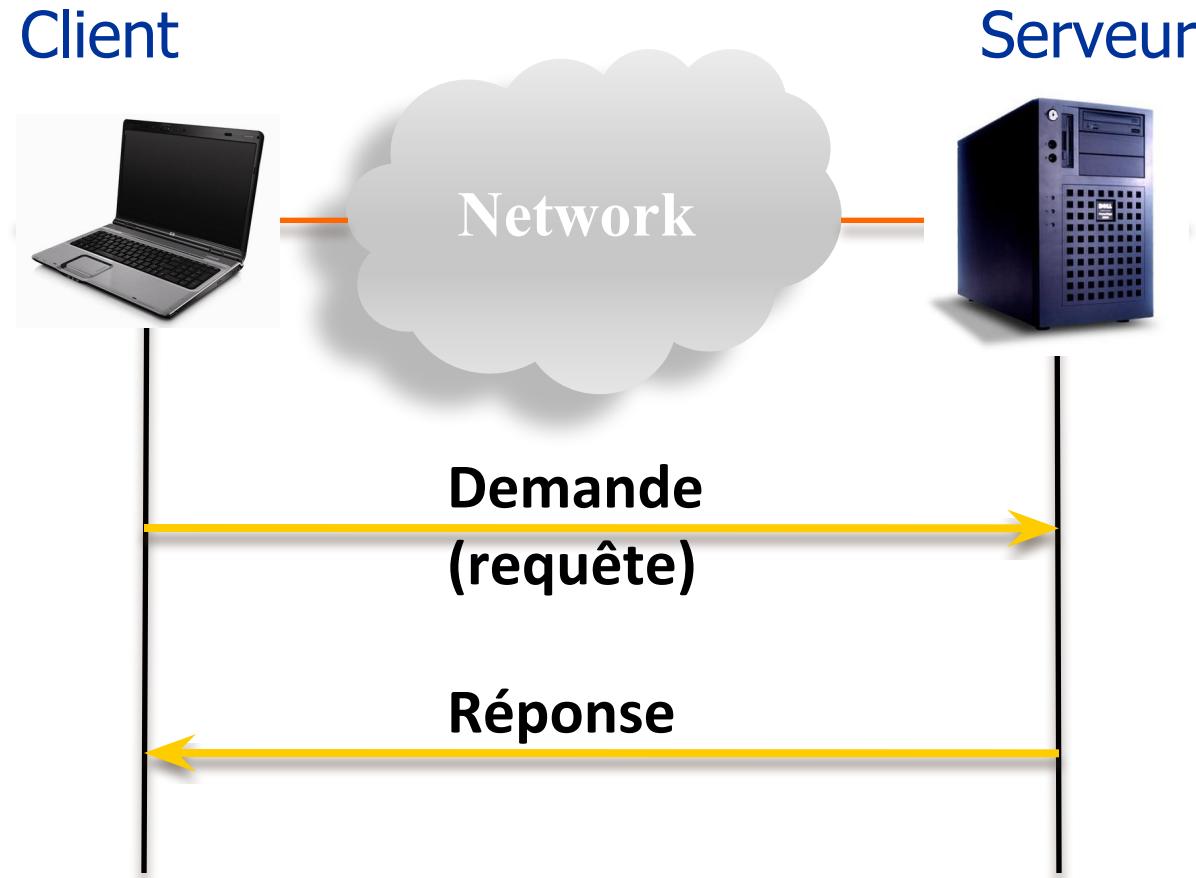
User



# Comment les ordinateurs communiquent entre eux ? (2)



# Comment les ordinateurs communiquent entre eux ?(3)



Modèle Client Serveur

# Modèle Client Serveur ou Maître Esclave



Client



Serveur

- ✓ Il est **actif** initialement (ou **maître**)
- ✓ Il **envoie** des requêtes au serveur
- ✓ Il attend et reçoit les réponses du serveur
- ✓ Il est initialement **passif** (ou **esclave**, en attente d'une requête)
- ✓ Il est à **l'écoute**, prêt à répondre aux requêtes envoyées par des clients
- ✓ Dès qu'une requête lui parvient, il la traite et envoie une réponse

# Modèle Client Serveur



## Avantages :

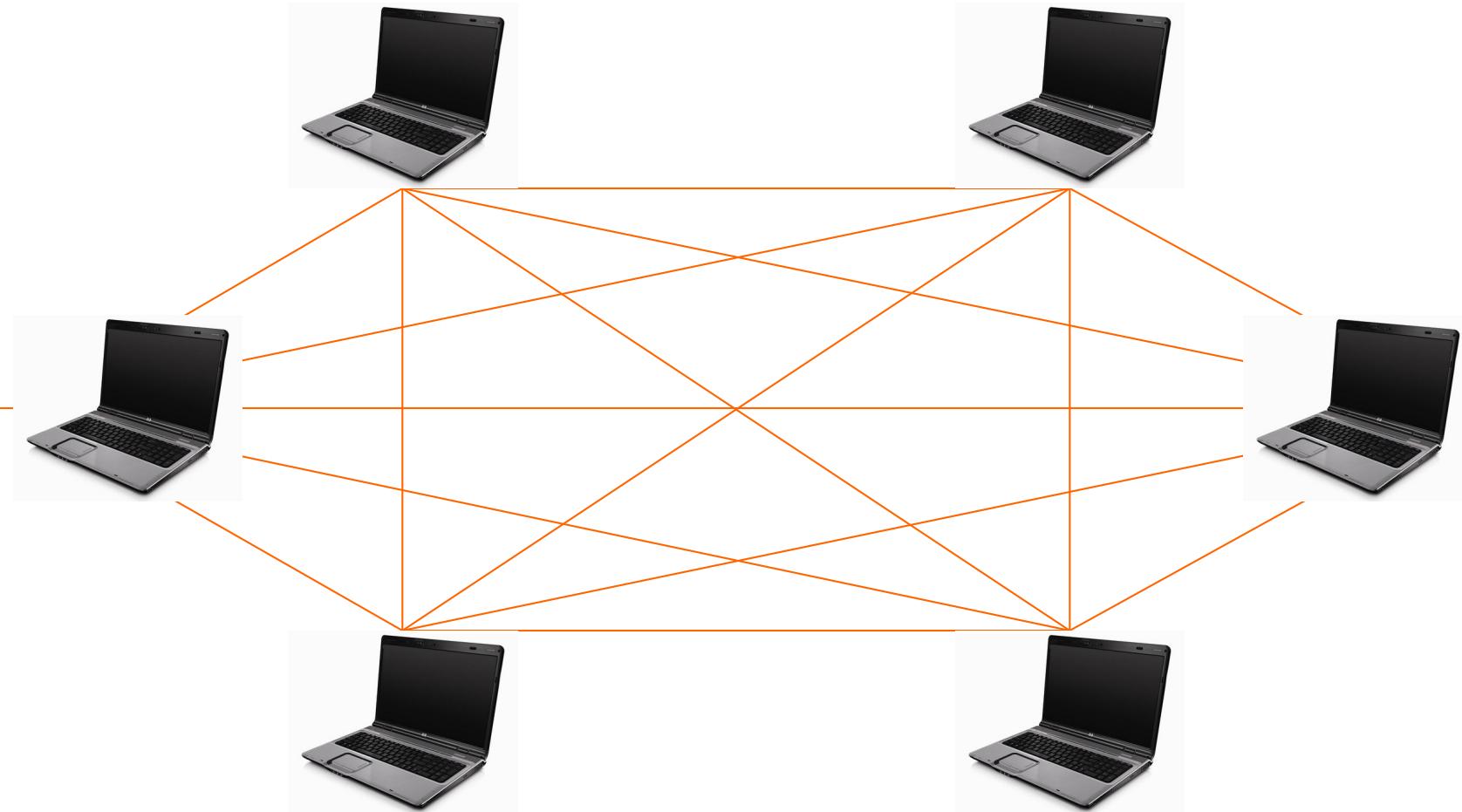
- Toutes les données sont centralisées sur un seul serveur, ce qui simplifie les contrôles de sécurité et la mise à jour des données et des logiciels.
- Les technologies supportant l'architecture client/serveur sont plus matures que les autres.



## Inconvénients :

- Si trop de clients veulent communiquer avec le serveur au même moment, ce dernier risque de ne pas supporter la charge
- Si le serveur n'est plus disponible, plus aucun des clients ne marche (le réseau pair à pair continue à fonctionner, même si plusieurs participants quittent le réseau).
- Les coûts de mise en place et de maintenance sont élevés.

# Modèle pair à pair



## Modèle pair à pair

- ✓ Le pair-à-pair (P2P ), est un modèle de réseaux informatiques proche du modèle client-serveur mais où chaque client est aussi un serveur.
- ✓ Applications:
  - Partage de fichiers
  - Calcul distribué
  - Service de téléphonie

# Les réseaux informatiques-Internet



User

[www.google.com](http://www.google.com)



Google™



Operating System

Et concrètement ?



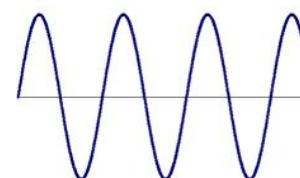
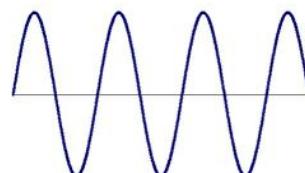
**111111010101....**

**111111010101....**

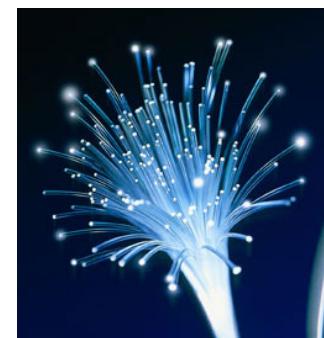
Operating System



Network Access



Internet



Network Access

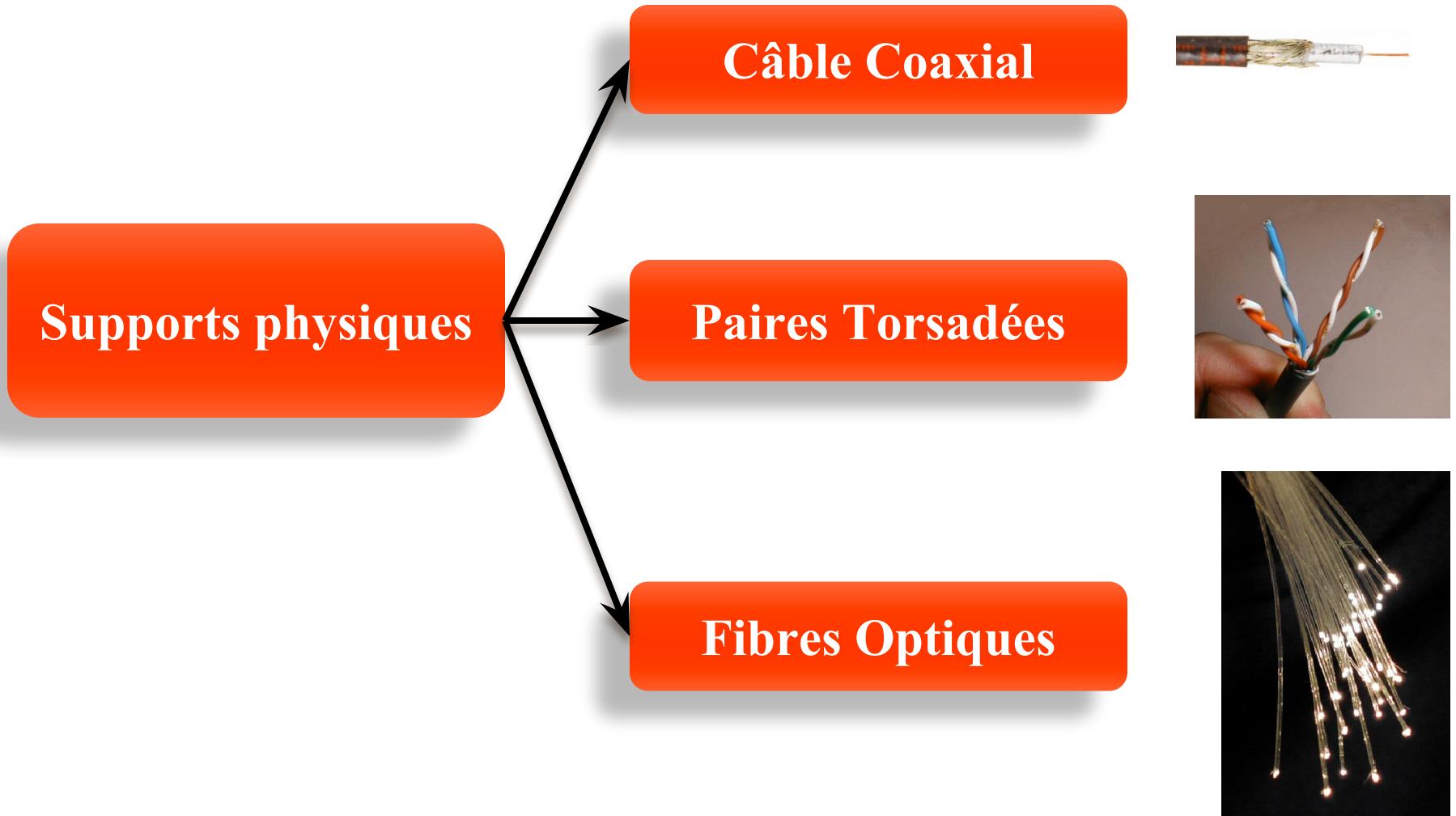
# Rappel : Commutation

✓ Manière de faire passer l'information de l'émetteur au récepteur

- **Commutation de circuits** : Création d'un circuit physique reliant les deux extrémités lors de l'établissement de la connexion.
  - adaptée au transport de la voix
  - Utilisée sur le réseau téléphonique, RNIS, GSM
  - Contrainte de temps de transmission
  - Inconvénient : le circuit est occupé pendant la communication, qu'il soit utilisé ou non
- **Commutation de paquets** : L'information est découpée en paquets qui sont transportés de point en point à l'autre extrémité du réseau
  - La commutation de paquets est utilisée sur les réseaux locaux, Internet, Frame Relay, GPRS
  - Elle est adaptée au transport des données
- **Commutation de cellules** : Utilisée par ATM
  - Temps de commutation très faible par rapport au temps de propagation du signal
  - Permet d'introduire des notions de qualité de services
  - Utilisée principalement sur les liens d'interconnexion ou dans des applications multimédia

# **SUPPORTS PHYSIQUES**

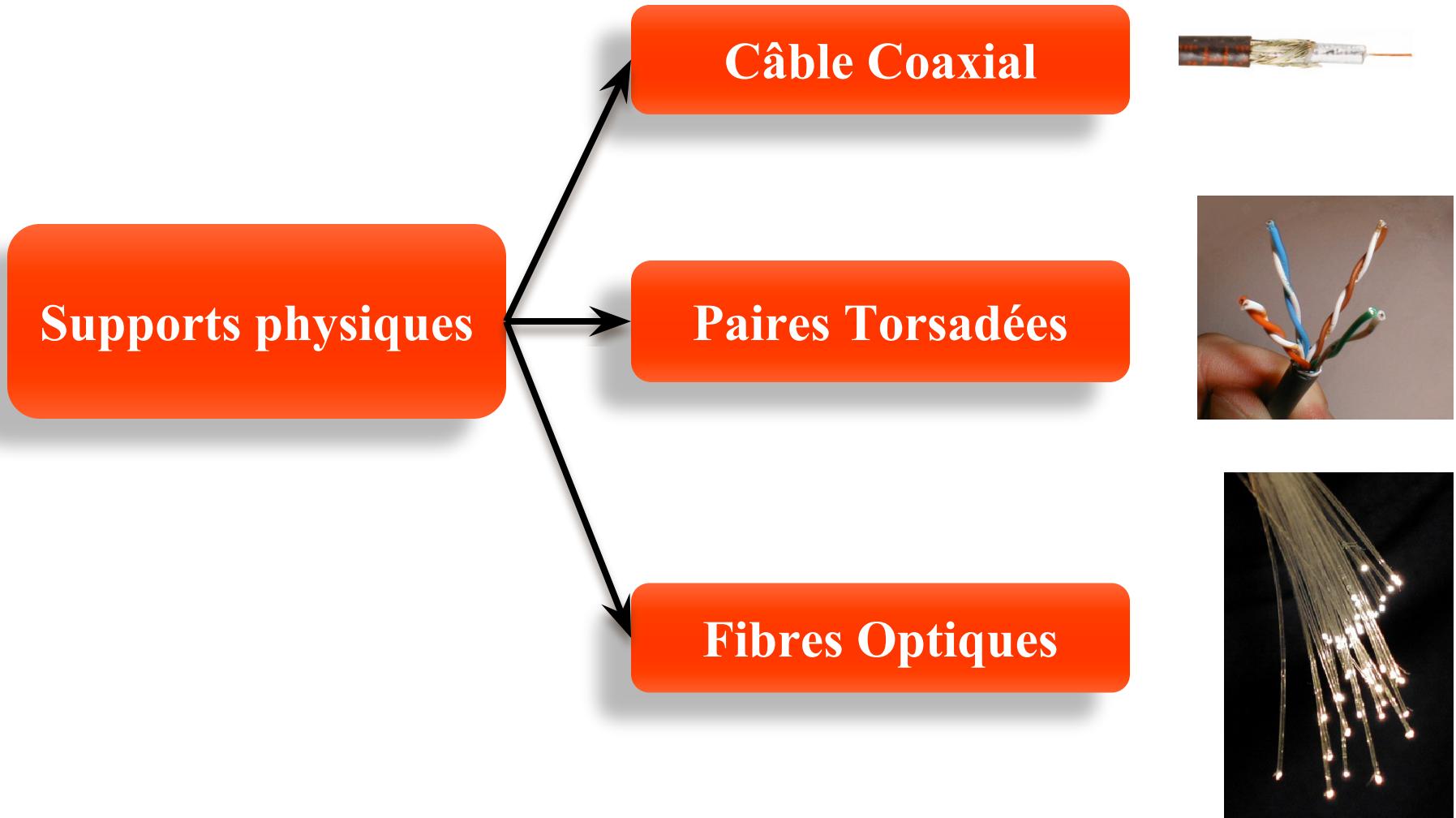
# Supports physiques



# Supports physiques

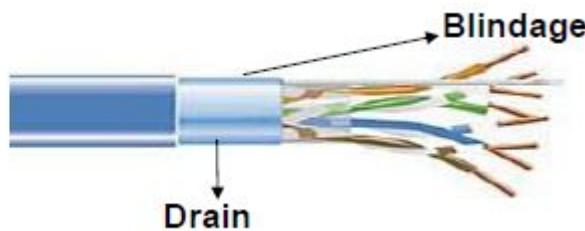
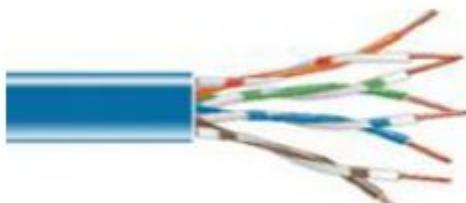
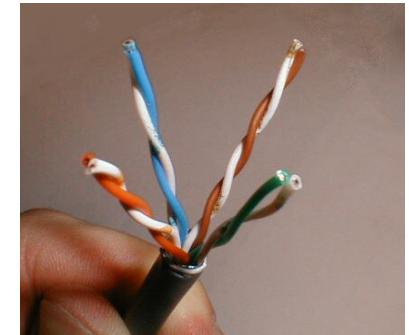
- ✓ Supports de transmission: tous les moyens par lesquels on peut conduire un signal de son lieu de production à sa destination
- ✓ Le choix du support physique détermine les performances du réseau en terme de débit et de fiabilité
- ✓ Principaux supports utilisés
  - Paires torsadées et câble coaxial (*coax*)
    - Généralement en cuivre
    - Forte atténuation
    - Sensibles aux perturbations électromagnétiques
  - Fibre optique
    - Bande passante de l'ordre de 1 GHz/ km
    - Haut débit
    - Très faible atténuation
    - Robuste face à la température et aux perturbations électromagnétiques
    - Encombrement minimum
    - Interconnexion de bâtiments
  - Air

# Supports physiques



# Paires Torsadées

- ✓ Le câble est constitué d'une ou plusieurs paires de fils de cuivre en spiral (en torsade)
- ✓ Chaque fil est recouvert d'une gaine
- ✓ Plusieurs paires peuvent être regroupées dans une même gaine



(c) Copyright ABIX 2006

## Les paires torsadées

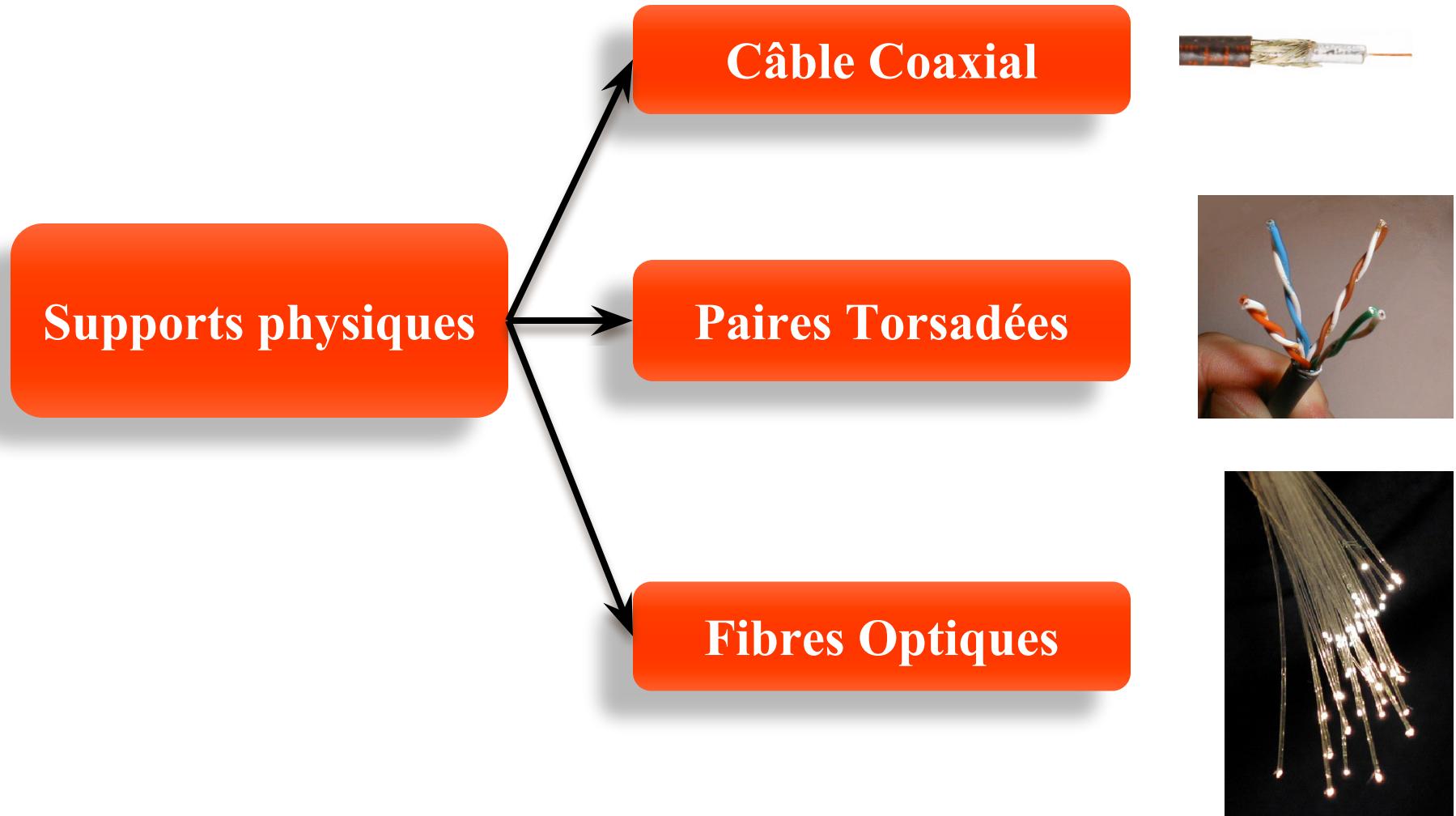
- ✓ Le câble est constitué d'une ou plusieurs paires de fils de cuivre en spiral (en torsade)
  - Torsadage: pour réduire la diaphonie
  - La diaphonie: le passage d'un signal d'une paire vers les autres
- ✓ Chaque fil est recouvert d'une gaine
- ✓ Plusieurs paires peuvent être regroupées dans une même gaine. On distingue trois types de paires torsadées:
  - Paires torsadées non blindé UTP (Unshielded Twisted Pair)
  - Paires torsadées blindé STP (Shielded Twisted Pair)
  - Paires torsadées écranté FTP (Foiled Twisted Pair): l'ensemble des paires est entouré d'un drain de blindage (une feuille d'aluminium)

## Les paires torsadées

- ✓ Distance maximale: 100m (sinon ajouter un répéteur)
- ✓ Capacité : 10 – 100 Mbits/s
- ✓ Raccordement : Connecteur RJ-45
- ✓ Impédance : 100 Ohms
- ✓ Coût : Faible
- ✓ Liaison : point à point ou multipoint
- ✓ Transmission : analogique ou numérique
- ✓ Utilisation : répandu
- ✓ Affaiblissement des signaux important suivant la longueur
- ✓ Sensible aux perturbations électromagnétiques
- ✓ Pour réduire ces perturbations
  - ⇒ Les paires torsadées sont entourées d'une tresse métallique (STP)
  - ⇒ L'ensemble des paires torsadées est entouré d'un drain de blindage (FTP)
- ✓ Le débit dépend du type de la liaison (multipoint ou point à point) et de la longueur



# Supports physiques étudiés



## Câble Coaxial

- ✓ Il est constitué d'un câble central entouré d'un isolant et d'une tresse métallique, le tout enveloppé par une gaine protectrice



# Câble coaxial

- ✓ Constitué d'un câble central entouré d'un isolant et d'une tresse métallique, le tout enveloppé par une gaine protectrice
- ✓ Capacité : 10 – 100 Mbits/s
- ✓ Raccordement : Connecteur BNC
- ✓ Impédance : 150 Ohms
- ✓ Bande passante : 400 Mhz
- ✓ Coût : Peu cher
- ✓ Liaison: point à point ou multipoint
- ✓ Transmission: analogique ou numérique
- ✓ Utilisation: en baisse
- ✓ 2 principaux types:
  - ☛ 50 Ohms (bande de base)
  - ☛ 75 Ohms CATV (Community Antenna TeleVision)  
transmission de chaînes de TV par câble en large bande



Connecteur BNC en T  
(thin)



Terminaisons de câbles coaxiaux

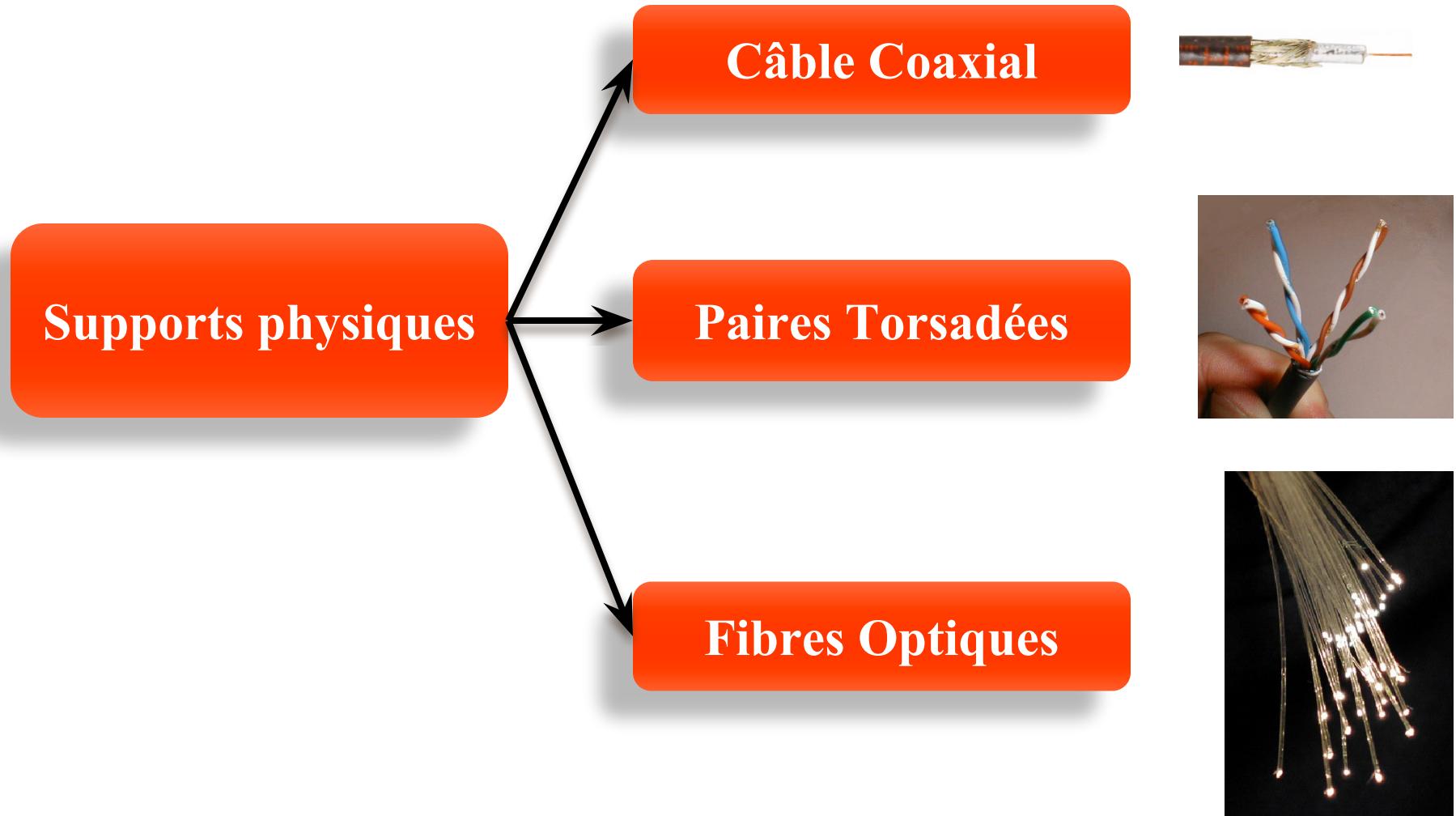


Câble coax

## Utilisation du câble coaxial

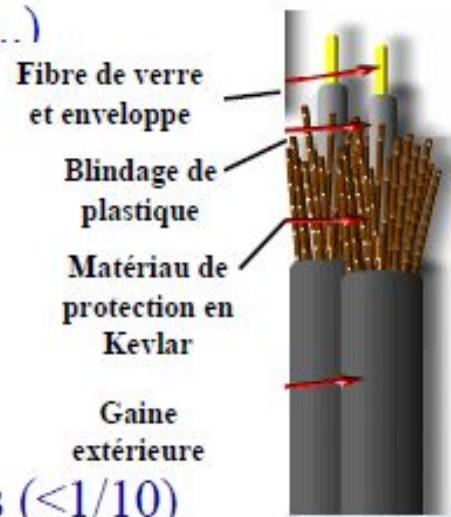
- ✓ topologies bus, anneau, arbre
- ✓ tendance à le remplacer par
  - la paire torsadée au niveau des réseaux DAN
  - la fibre optique pour le reste du câblage

# Supports physiques étudiés



# La fibre optique

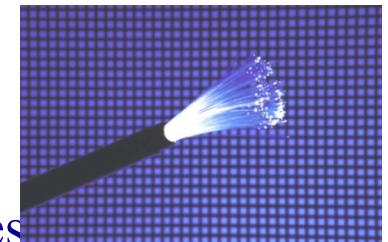
- ✓ Rque: Malgré la largeur de la bande passante que peut atteindre un support en fibre optique, le débit est limité à cause de l'impossibilité d'effectuer des conversions entre les signaux électriques et les signaux optiques plus rapidement
- ✓ Caractéristiques:
  - ☛ Liaison: point à point
    - ↳ Difficile de l'utiliser pour une liaison multipoint à cause des difficultés de dérivation
  - ☛ Le plus difficile à installer (raccordement, dérivation,...)
  - ☛ Le plus coûteux
  - ☛ Bande passante et débit important
  - ☛ Pas de diaphonie
  - ☛ Insensible aux perturbations électromagnétiques
  - ☛ Faible atténuation
  - ☛ Résistance à la chaleur, au froid et à l'humidité
  - ☛ Encombrement et poids inférieurs aux autres supports (<1/10)



# La fibre optique

✓ Se compose d'un noyau entouré d'une gaine.

- Le noyau est un guide cylindrique en verre ayant un fort indice de réfraction (changement de direction) dans lequel se propagent des faisceaux lumineux (ondes optiques)
- La gaine confine les ondes optiques.
- Le tout est recouvert par une ou plusieurs enveloppes de protection



✓ Aux extrémités du câble se trouve l'émetteur et le récepteur.

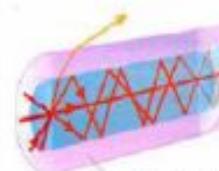
- L'émetteur est composé d'un codeur et d'une Diode Electro Luminescente (DEL) ou d'une Diode Laser (DL) ou encore d'un laser modulé.
- Le récepteur est constitué d'un décodeur et d'un détecteur de lumière (photodétecteur).



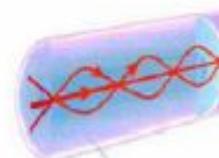
# La fibre optique: deux types

- ✓ **La fibre multimode:** plusieurs angles d'incidence, diamètre de quelques centaines de microns, vitesse de propagation de l'ordre de 0,1 millions de kilomètre par seconde, moins chère
- ✓ **Fibres multimode:**
  - à saut d'indice: le noyau a un seul indice de réfraction, bande passante allant jusqu'à 50 Mhz/Km
  - à gradient d'indice: le noyau a un indice de réfraction qui diminue progressivement en s'éloignant de l'axe, BP allant jusqu'à 1 GHz, vitesse de propagation plus importante que celle de la fibre à saut d'indice
- ✓ **La fibre monomode:** un seul angle d'incidence, diamètre de quelques microns, vitesse de propagation de l'ordre de 0,25 millions de kilomètre par seconde, bande passante jusqu'à 100 GHz/Km

Fibres multimode: diamètre de cœur de 50 à 80 microns

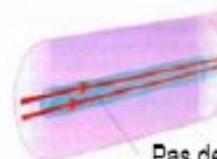


Gaine à faible indice  
(ou saut d'indice)  
Débit limité à 50 Mbit/s



Gaine à gradient d'indice  
(débit limité à 1Gbit/s)

Fibres monomode: diamètre de cœur de 8 à 10 microns



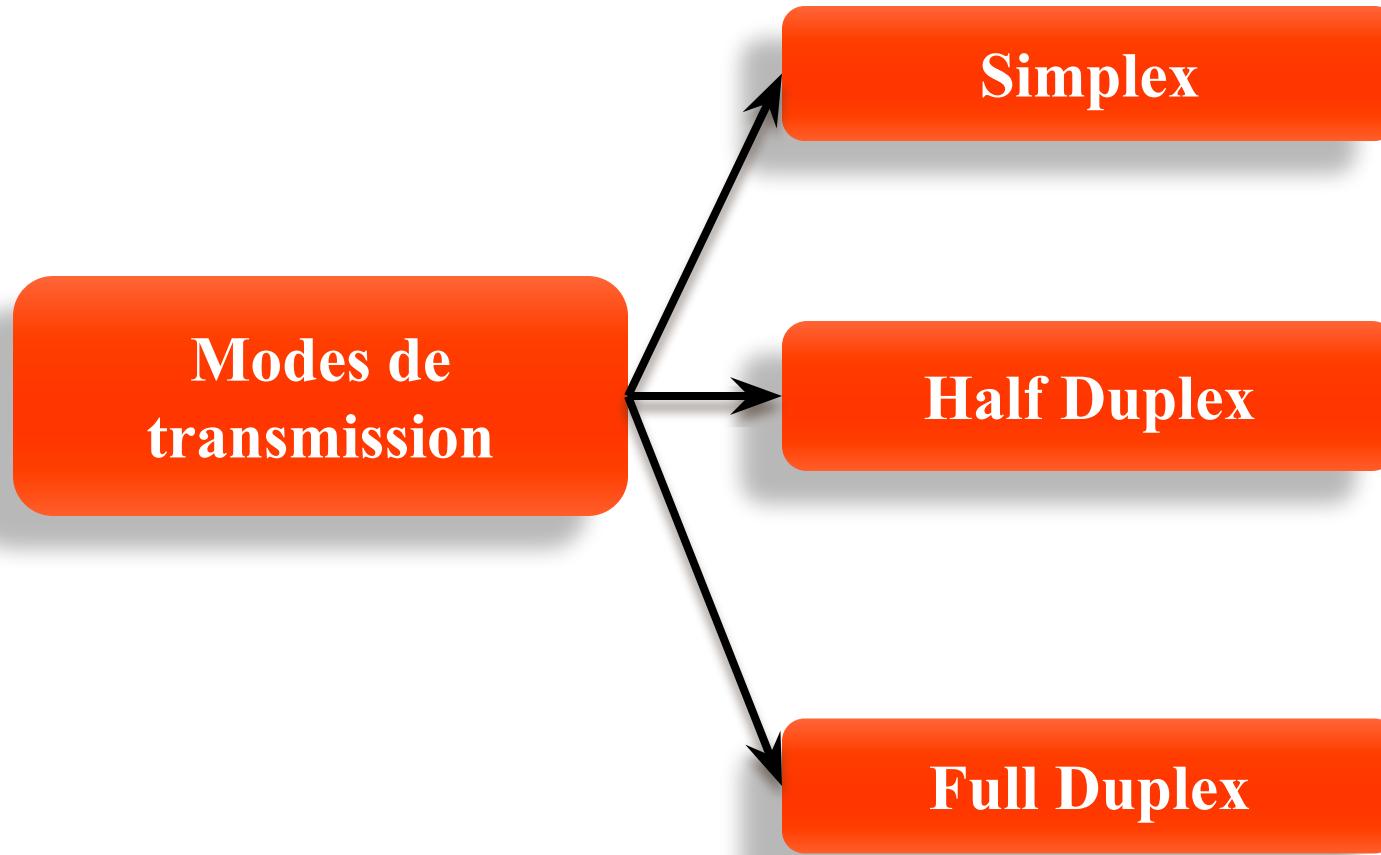
Pas de réflexion

## Famille de fibre optique

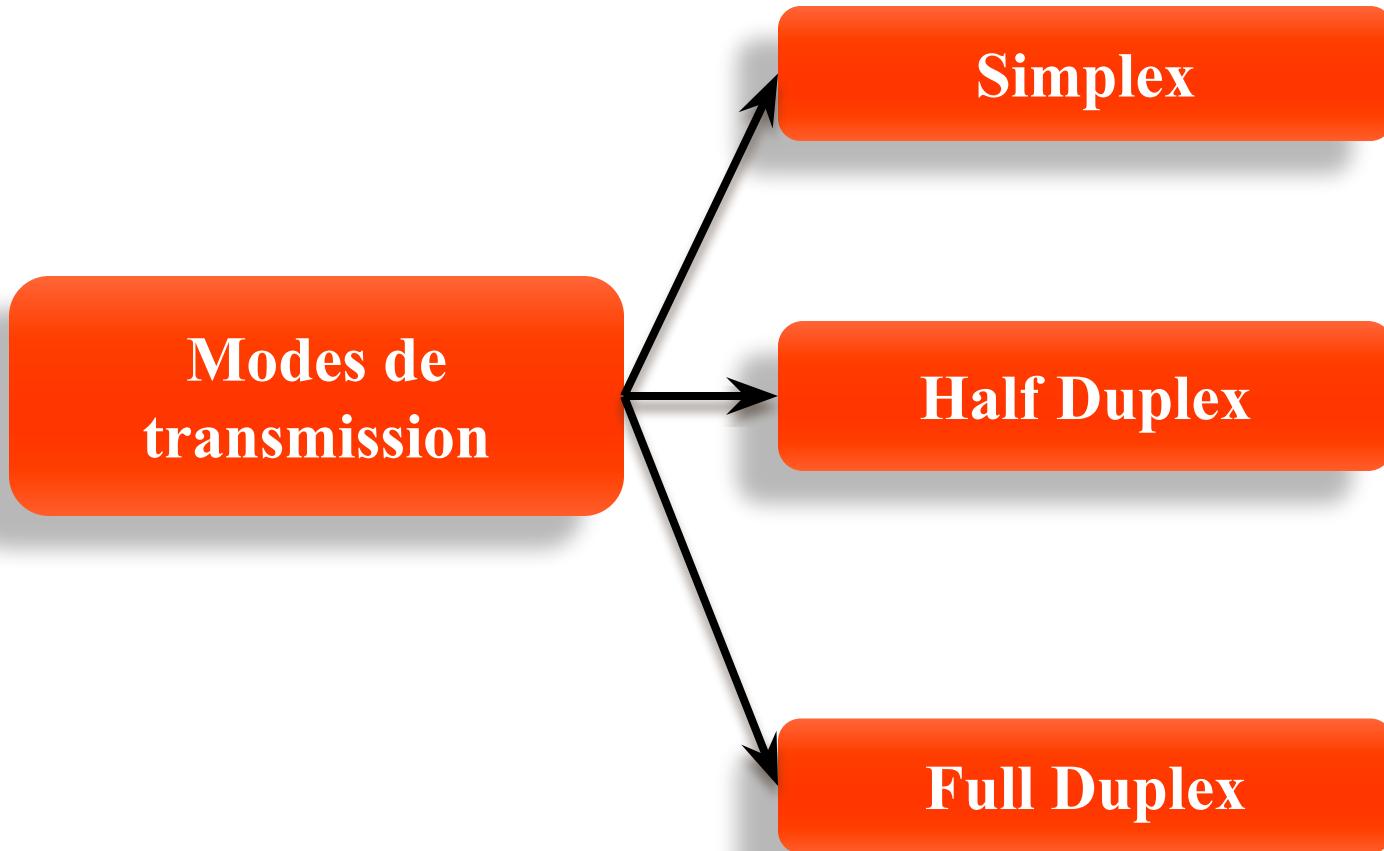
- ✓ La fibre optique multimodes à gradient d'indice, malgré un coût double de la paire cuivre, semble être la meilleure solution pour les rocades et les distances supérieures à 100m.
  - Elle est déjà largement utilisée pour fédérer les réseaux
- ✓ Malgré la largeur de la bande passante que peut atteindre un support en fibre optique, le débit est limité actuellement à 1Gb/s
  - ceci est du à l'impossibilité d'effectuer des conversions entre les signaux électriques et les signaux optiques plus rapidement
- ✓ Utilisation: Topologies anneau, étoile
- ✓ Tendance à utiliser la fibre optique dans les réseaux d'établissement

# **MODES DE TRANSMISSION**

# Modes de transmission



# Simplex



# Simplex

- ✓ Une liaison dans laquelle les données circulent dans un seul sens
  - utile lorsque les données n'ont pas besoin de circuler dans les deux sens
- ✓ Définition de l'ANSI (*American National Standards Institute*)
  - *All signals can flow in only one direction*
- ✓ Définition de l'ITU-T (*International Telecommunication Union-Telecommunications Standardization Sector*)
  - *Signals can flow in only one direction at a time. At other times communications can flow in the reverse direction.*

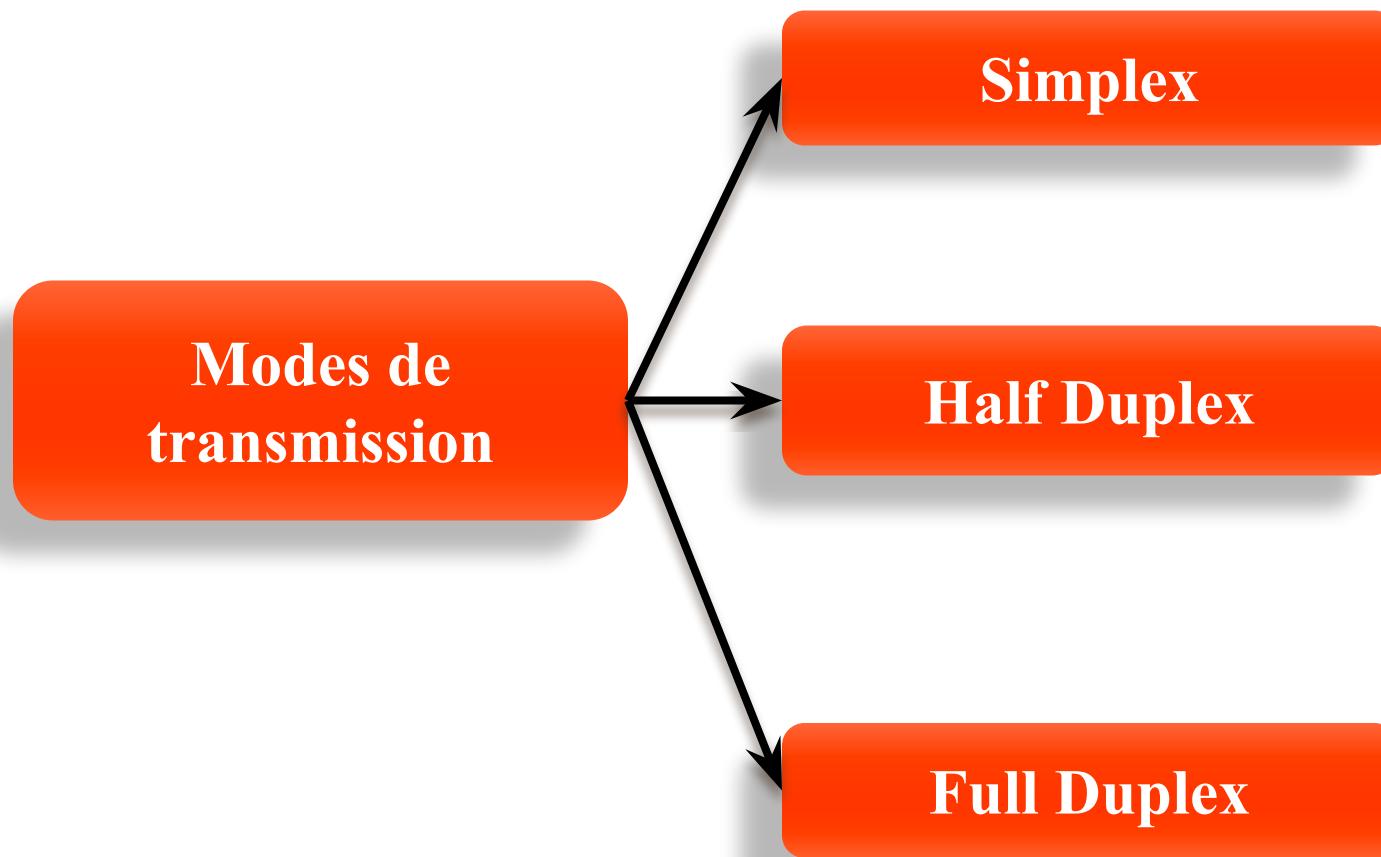
# Simplex



## Exemple de simplex

- ✓ **Radiodiffusion**
  - radio FM/AM
- ✓ **Télédiffusion**
  - Transmission unilatérale de signaux (numériques/analogiques) vers un grand nombre de clients
- ✓ **Multicast dans l'Internet**
  - Méthode de diffusion de l'information d'un émetteur vers un groupe

## Half Duplex



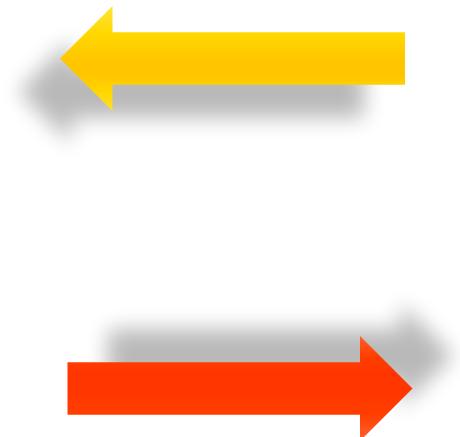
# Half Duplex

## ✓ Half Duplex ou semi-duplex

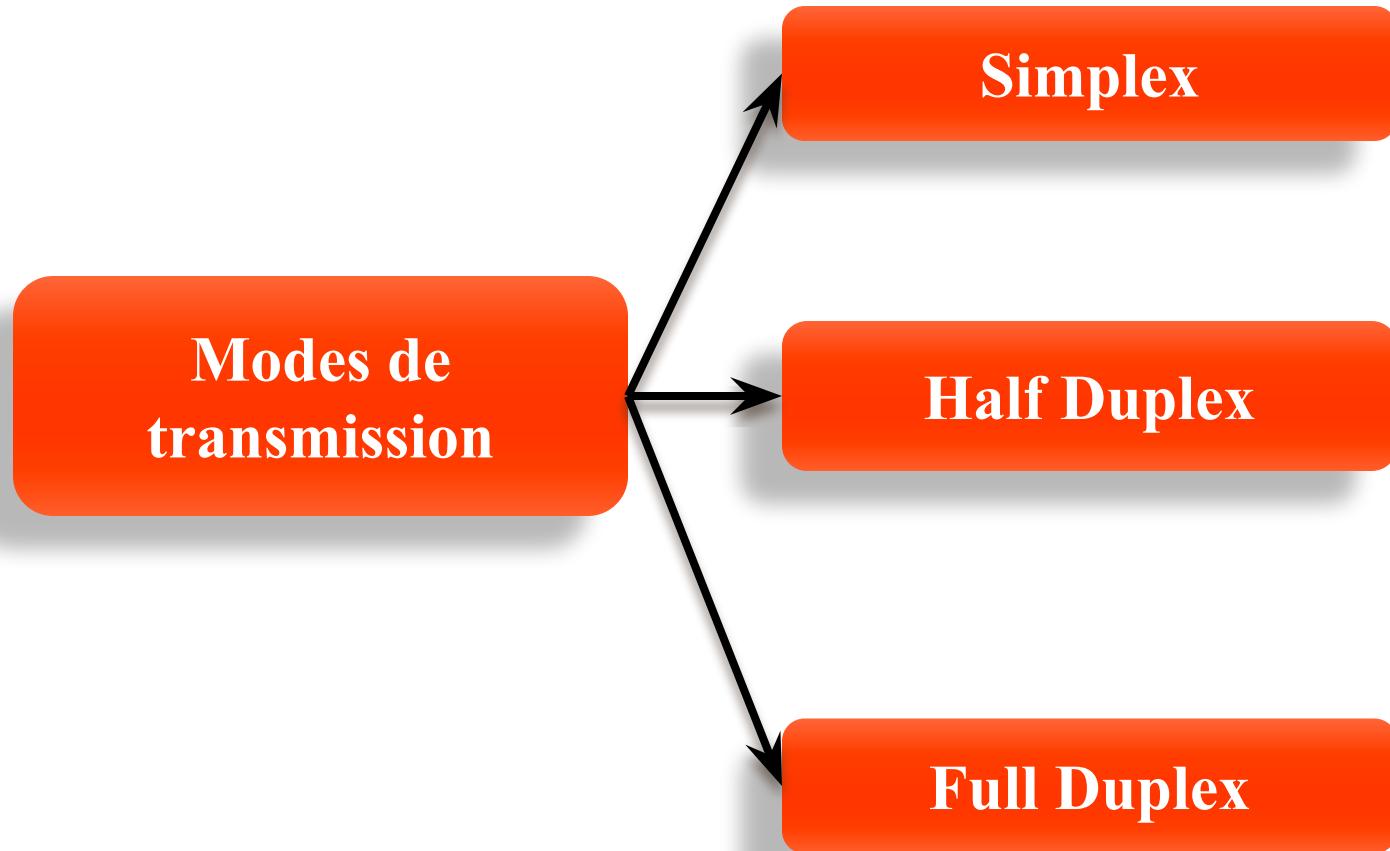
- Les données circulent dans un sens ou l'autre, mais pas les deux simultanément.
- Chaque extrémité de la liaison émet à son tour.
- Utilisation de la capacité totale de la ligne.

## ✓ Exemple

- Talki-Walki



# Full Duplex



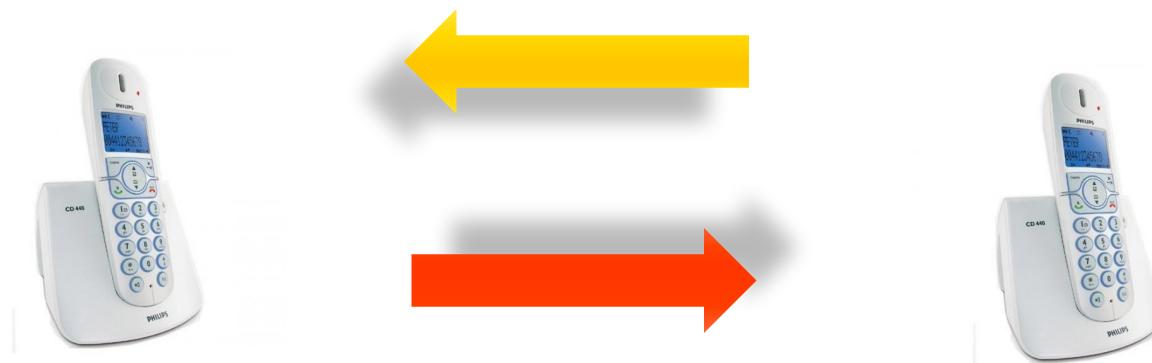
# Full Duplex

## ✓ Full Duplex ou Duplex Intégrale

- Les données circulent de façon bidirectionnelle et simultanément
- L'association de deux canaux simplex

## ✓ Exemple

- Téléphone, Full-duplex Ethernet



# **LES ÉQUIPEMENTS D'INTERCONNEXION**

# **LES ÉQUIPEMENTS D'INTERCONNEXION**

# Eléments d'interconnexion : pourquoi ?

- ✓ Ré-amplifier les signaux
  - Electriques - optiques
  - Augmenter la distance maximale entre 2 stations
- ✓ Connecter des réseaux différents
  - Supports : Coax, TP, FO, Radio, Hertzien, ...
  - Protocoles niveau 2 : Ethernet, FDDI, ATM, ...
- ✓ « Limiter » la diffusion (Ethernet)
  - Diminuer la charge globale
    - Limiter les broadcast-multicast Ethernet (inutiles)
  - Diminuer la charge entre stations
    - Limiter la dépendance / charge des voisins
    - Objectif : garantir une bande passante disponible (une qualité de service) entre 2 stations
- ✓ Limiter les problèmes de sécurité
  - Diffusion - écoute possible : pas de confidentialité

## Eléments d'interconnexion : pourquoi ?

- ✓ Restreindre le périmètre de la connectivité désirée
  - Extérieur - Intérieur : protection contre attaques (sécurité)
  - Intérieur - Extérieur : droits de connexion limités
- ✓ Segmenter le réseau :
  - Un sous-réseau / groupe d'utilisateurs : entreprises, directions, services, ...)
  - Séparer l'administration de chaque réseau
  - Créer des réseaux virtuels
    - S'affranchir de la contrainte géographique
- ✓ Pouvoir choisir des chemins différents dans le transport des données entre 2 points
  - Autoriser ou interdire d'emprunter certains réseaux ou liaisons à certains trafic

## Les équipements d'interconnexion

- ✓ Les problèmes les plus gênant lors de la mise en place d'un réseau est la limitation en termes de distance introduite par les mediums de communication.
- ✓ En effet, plus le câble est long, plus l'atténuation du signal qui circule sur ce câble sera grande.
- ✓ Un des moyens de pallier cet inconvénient est l'utilisation de la fibre optique qui subit une atténuation moindre. Cependant, il reste financièrement, un choix peu judicieux dans bien des



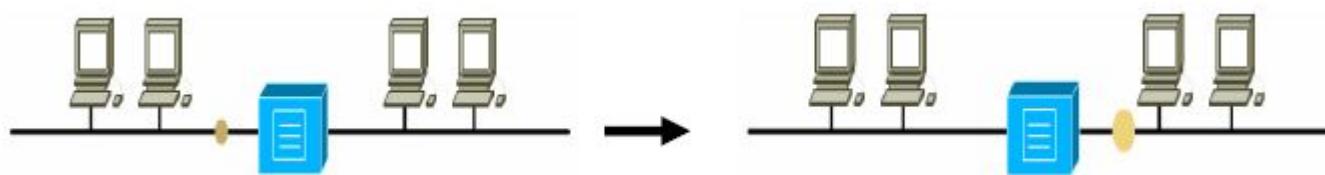
*Atténuation du signal*

## Les équipements d'interconnexion

- ✓ Les principaux équipements matériels mis en place dans les réseaux sont :
  - Les répéteurs,
  - Les concentrateurs (hubs),
  - Les ponts (bridges),
  - Les commutateurs (switches)
  - Les passerelles (gateways), permettant de relier des réseaux locaux de types différents (hétérogène)
  - Les routeurs, permettant de relier de nombreux réseaux locaux de telles façon à permettre la circulation de données d'un réseau à un autre de la façon optimale

# Les répéteurs

- ✓ Permet de relier deux segments
- ✓ Équipement d'interconnexion fonctionnant au niveau de la couche physique (couche 1) du modèle OSI
- ✓ Régénère et synchronise les signaux ☐ étendre les câbles sur de plus grandes distances
- ✓ Le nombre de répéteurs est limité selon la norme utilisée
- ✓ Les données (bits) arrivant à un port d'un répéteur sont envoyées à son deuxième port.



## Les répéteurs

- ✓ On distingue deux fonctionnalités principales de cet appareil:
  - Permettre de franchir les limites physiques dues aux supports physiques
  - Faire « interface » entre deux supports physiques différents
- ✓ Un répéteur est un amplificateur avec l'inconvénient de reproduire aussi bien le bruit que les données sans faire de distinction entre les deux
- ✓ Il régénère le signal en agissant sur son amplitude, sa symétrie et sa synchronisation
- ✓ Un répéteur n'effectue aucun filtrage de contenu (équipement non intelligent).

## Les concentrateurs ou Hubs

- ✓ Ce sont des répéteurs multiports donc des équipements de couche 1.
- ✓ Ils comportent généralement 4, 8, 12 et 24 ports, ce qui permet d'interconnecter facilement un grand nombre d'équipements.
- ✓ Chaque signal arrivant sur un port est régénéré, re-synchronisé et ré émis au travers de tous les autres ports.



# Ponts et commutateurs (switch)

- ✓ Pont
  - interconnecte (niveau 2) au moins deux sous réseaux.
  - Souvent utilisé pour partitionner un grand réseau en deux autres réseaux plus petits pour des questions de performances.
- ✓ Commutateur= pont multi ports.
  - relie plusieurs segments réseau
  - achemine les trames sur le bon segment de destination grâce aux adresses MAC (niveau 2).
- ✓ 2 types de commutations :
  - cut through : dès que le commutateur connaît l'adresse de destination, il commence l'envoi de la trame sur le bon segment.
  - Store and forward : le commutateur attend l'arrivée complète de la trame pour acheminer celle ci au bon segment.

## Routeur

- ✓ Un routeur sert d'aiguillage entre plusieurs réseaux.
- ✓ Il est capable de détecter l'adresse de destination d'un paquet (adresse logique) pour l'orienter au mieux vers sa destination.
- ✓ Les routeurs contiennent des tables de routage dans lesquelles ils mémorisent les itinéraires entre réseaux.
- ✓ Ils utilisent des protocoles de routage pour déterminer entre routeurs quels sont les meilleurs parcours pour acheminer les paquets de données vers une destination donnée.

## Gateway ou passerelle

- ✓ Le terme passerelle est parfois utilisé de manière générique pour désigner un dispositif qui sert de relais entre deux réseaux. Dans cette acception du terme, un pont ou un routeur est une passerelle.
  
- ✓ Mais l'appellation "passerelle" ou "*gateway*" est aussi parfois utilisée pour désigner un dispositif qui relie deux réseaux complètement différents au niveau de l'architecture ou du protocole.

# **ARCHITECTURES DES RÉSEAUX**



## Problèmes à résoudre



1. Masquer hétérogénéité entre équipements, OS, technologies d'accès, ....  **protocoles**
2. Identifier les nœuds  **noms**
3. Localiser les nœuds  **adresses**
4. Trouver le chemin pour atteindre une destination  **routes**

# Protocoles

- ✓ Un protocole consiste en un ensemble de conventions qui spécifient les règles et les paramètres mis en jeux pendant la communication entre deux entités (hôtes, processus, éléments de commutation, ...)
- Type, contenu, et format des informations transférées entre entités
  - Établissement et fermeture de connections et de sessions
  - Routage dans le réseau
  - Contrôle de flux : équilibrage des débits
  - Sûreté de fonctionnement: détection, gestion, et correction des erreurs
  - Le type de données et objets échangés et leurs représentations
  - Les caractéristiques de session (e.g., synchronisation, cryptage-sécurité, compression)
  - Détection et contrôle de congestion
  - Paramètre et implémentation de qualité de service

## Terminologie

- ✓ La différence entre un **algorithme** et un **protocole** est une question d'interactivité : pour un algorithme, une seule personne est impliquée, celle qui fait les calculs ; pour un protocole, plusieurs entités interviennent, il y a échange d'informations. La notion de schéma est quant à elle moins précise, ce terme est généralement utilisé lorsque l'on souhaite mettre en évidence le fait que l'algorithme ou le protocole repose sur un algorithme plus élémentaire.
- ✓ Les **requests for comments** (**RFC**), littéralement « demande de commentaires », sont une série numérotée de documents officiels décrivant les aspects techniques d'Internet, ou de différents matériels informatiques (routeurs, serveur DHCP). Peu de RFC sont des standards, mais tous les documents publiés par l'IETF sont des RFC.

## Terminologie

- ✓ Les RFC font d'abord l'objet d'un *draft* (brouillon). Tout le monde peut écrire un *draft*. Ils n'ont donc aucune valeur. Après avoir écrit un *draft*, on peut le soumettre à l'IETF en le transmettant à [rfc.editor@rfc.editor.org](mailto:rfc.editor@rfc.editor.org). Tous les *drafts* n'étant pas dignes d'intérêt, ils ont une date de péremption. Si le *draft* attire l'intérêt de la communauté, un groupe de travail peut être créé pour la rédaction d'une RFC.

*Draft* □ *RFC* → *Proposed Standard* → *Draft Standard* → *Internet Standard*

- ✓ Malgré leur nom, les RFC sont le plus souvent stables. Toute modification apportée à une RFC entraîne l'écriture d'une nouvelle RFC, qui rend la précédente obsolète.

## Terminologie

- ✓ Chaque 1<sup>er</sup> avril, une ou plusieurs RFC fantaisistes sont publiées. Cette tradition a été inaugurée en 1978, par la RFC 748, fournissant des spécifications pour les défaillances aléatoires sur Telnet, considérées comme une fonctionnalité à part entière. Ces poissons d'avril sont souvent des canulars tels qu'Internet par pigeon voyageurs ou les messages subliminaux par Telnet, voire des parodies de normes réseau.
- ✓ D'une manière générale, un projet de normalisation est formalisé dans un document brouillon qui expose les concepts en cours de développement (Draft); lorsque ce document arrive à une forme stable, les " drafts " sont publiés (Draft proposable), chaque pays émet son avis (vote). Enfin, une forme, quasi définitive, est publiée, elle constitue une base de travail pour les constructeurs (Draft International Standard). La norme définitive est ensuite publiée: l'International Standard (IS).

# Les principaux organismes de normalisation, dans le domaine des réseaux numériques

- ✓ ISO (International Standardization Organization)
- ✓ IUT-T (International Union of Telecommunication - section Telecommunication) (ex-CCITT)
- ✓ IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers)
- ✓ IETF / IRTF (Internet Engineering/Research Task Force)
- ✓ ANSI, ECMA, AFNOR, etc.

# Les normes applicables aux 802 réseaux IEEE

- ✓ L' IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers ) 802 norme définit les interfaces réseau physiques tels que câbles , routeurs, passerelles et de cartes d'interface réseau et tous les accès et les méthodes de signalisation associés aux connexions de réseau physique.
- ✓ Les protocoles et les services spécifiés par la norme IEEE 802 normes accent sur la couche liaison de données et la couche physique de la couche modèle à sept OSI .
- ✓ Il ya 23 normes de réseau ( IEEE 802.1 par le biais 802.23 ) adressées par la norme IEEE 802. IEEE 802.1 et 802.2 normes

# Architecture Interconnexion de réseaux informatiques

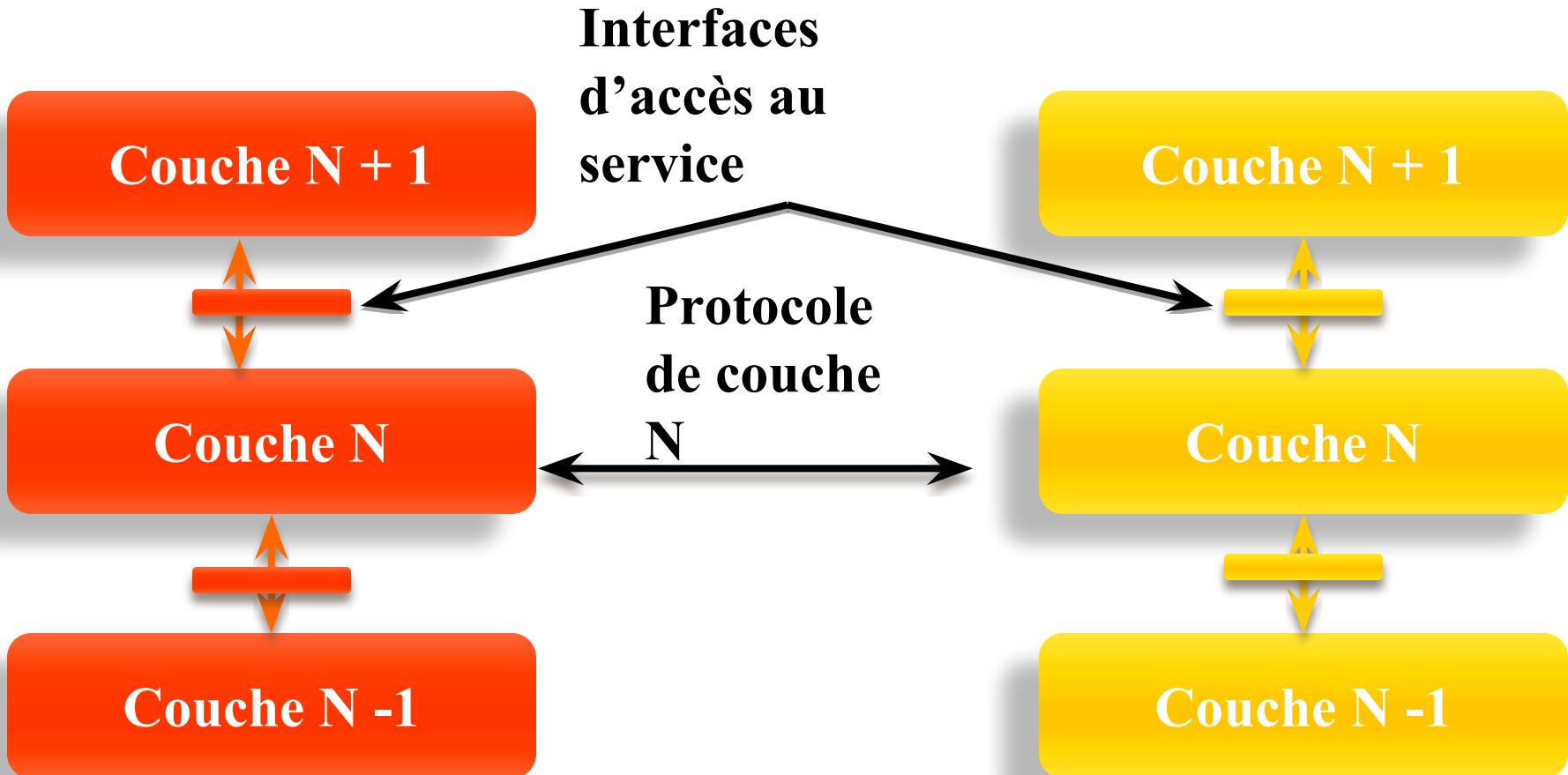
- ✓ Équipements informatiques hétérogènes ☐ Nécessité de disposer de normes et de protocoles unifiés pour réaliser la communication des «systèmes ouverts »
- ✓ 3 grandes architectures :
  - **OSI** (Open Systems Interconnexion) de l'ISO (International Organization for Standardization)
  - **TCP/IP** introduit par ARPA(Advanced Research Projects Agency)
  - **ATM** (Asynchronous Transfer Mode) introduit par l'UIT(L'Union internationale des télécommunications)

# Architecture

## Pourquoi un modèle de référence ?

- ✓ Les réseaux sont hétérogènes
- ✓ Le problème d'interconnexion est complexe
- ✓ Il faut décomposer le problème en problèmes plus simples
- ✓ Proposer un modèle de décomposition en couches superposées
  - à partir de la couche physique
    - c-à-d le logiciel de gestion du port ou de la carte utilisée pour le raccordement au réseau
  - jusqu'à la couche application
    - c-à-d le logiciel d'application qui utilise le réseau, exp. courrier électronique, navigateur Internet, etc.
- ✓ Chaque couche résout des problèmes et offre des services à la couche de niveau supérieur

# Architecture-Services et Protocoles



- ✓ Le service (N) est assuré par les entités (N) homologues
- ✓ Les entités (N) communiquent et coopèrent entre elles selon un protocole (N) à travers un ensemble de services fournis par la couche (N-1)
- ✓ Les entités accèdent aux services (N-1) à partir des points d'accès à des services (N-1) appelé (N-1) SAP (Service Access Point)

## Interface et service(1)

- ✓ La finalité de chaque couche est de **fournir des services** à la couche située **immédiatement au dessus**
- ✓ Les **éléments actifs** de chaque couche s'appellent des **entités**.
- ✓ Les **entités** de la même couche sur des **machines différentes** sont des **entités paires**

## Interface et service (2)

✓ **Les entités de la couche N implémentent un service utilisé par la couche N+1**

- La couche N est un **fournisseur de service**
- La couche N+1 est un **utilisateur de service**
- La couche N peut utiliser les services de la couche N-1 pour fournir son service

✓ **La couche N peut offrir différentes catégories de services**

- Un service de communication rapide et cher
- Un service de communication lent et relativement pas cher

## Interface et service (3)

✓ Les services sont accessibles par des points d'accès aux services SAP (Service Access Point)

- Les SAP de la couche N sont les endroits où la couche N+1 peut accéder aux services offerts
- Chaque SAP est identifié par une adresse unique
  - Couche TCP: SAP  $\square$  Numéro de port
  - Couche IP: SAP  $\square$  Adresse IP

