

## Introduction aux réseaux de télécommunications

### Présentation des réseaux

**Un réseau télécom :** ensemble de ressources matérielles (câbles, antennes, serveurs) et de ressources logicielles pour rendre possible les échanges entre les clients du réseau.

**TIC :** Technologie de l'information. Ensemble des technologies utilisés pour traiter, modifier et échanger les informations.

#### Les acteurs TIC et télécom

##### - Les **opérateurs de télécommunications**

- l'historique : France Télécom
- les nouveaux entrants : Free, SFR, Bougues...
- les mobiles virtuels ou MVNO : Carrefour, Auchan...
- les collectivités
- les distributeurs de produits ou de services

##### - Les **équipementiers** (pour opérateurs et utilisateurs)

##### - Les **réglementeurs** (lois)

##### - Les **régulateurs** (respect des lois, gestion des conflits)

- en France : **ARCEP** Autorité de Régulation des Communications Électroniques et Postales
- en France : **ANFR** Agence Nationale des Fréquences, chargé de la gestion interministérielle du spectre et la gestion de contrôle des réseaux indépendants.
- Mondial pour Internet : **ICANN** Internet Corporation for Assigned Names and Numbers, coordination de l'allocation des adresses IP et des noms de domaine

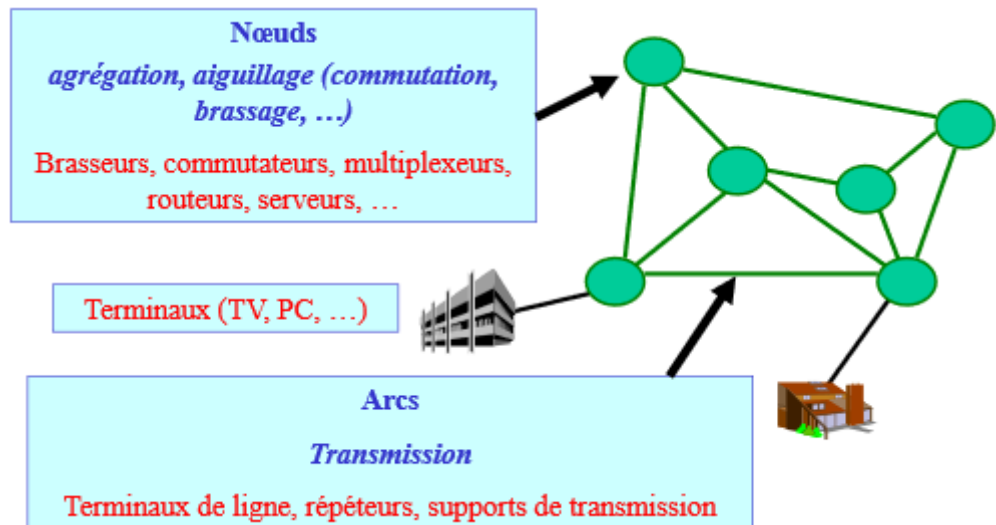
##### - Les **normalisateurs** (organismes d'état ou non qui recommandent des normes ou des standards)

- Mondial : **UIT** Union International des Télécommunications
- Norme Internet = RFC Request For Comments
- Internet : **IETF** Internet Engineering force
- Web : **W3C** World Wide Web

##### - Les **nouveaux acteurs** (OTT Over The Top) : les entreprises qui offrent des services aux utilisateurs en utilisant les réseaux des opérateurs sans les payer (ex. Amazon, Facebook, Google...)

## Topologie

D'un réseau



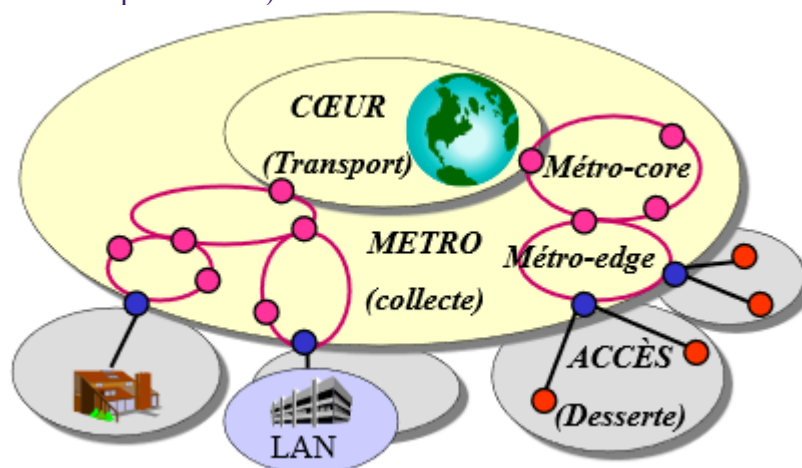
**Nœud** : le point où des commutateurs mettent en communication les voies de transmission.

**Arcs** : les voies de transmission des informations. Ils se déclinent en plusieurs supports (câble métallique, fibre optique, radio).

**Terminal** : extrémité du réseau, spécifique au support utilisé dans l'arc.

**Commutateur** : analyse les trames arrivant sur les ports d'entrée et filtre les données pour les aiguiller sur les ports adéquats (commutation) grâce à des tables de données.

Des réseaux (partie accès + partie cœur)



**Backbone/ Réseau dorsal/ Réseau de transport** : la partie du réseau qui supporte le gros du trafic et qui utilise la fibre optique exclusivement. Il fonctionne à très haut débit, sur une échelle nationale ou internationale.

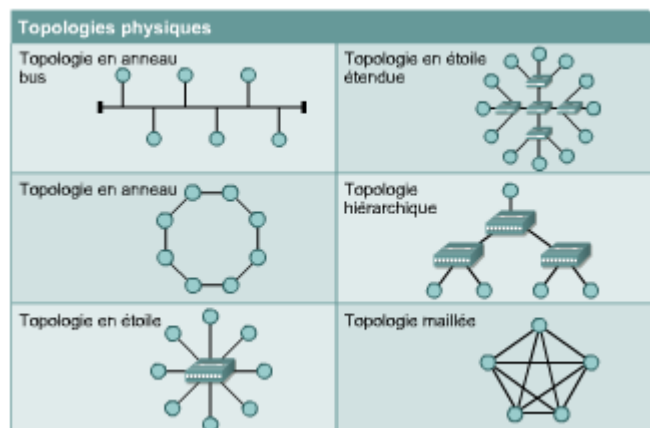
Nous avons quelques 100 Gbits/s.

**Partie collecte/ Réseau de collecte (NRA Nœud de raccordement d'abonnés)** : les nœuds qui

aiguillent les informations et assurent la liaison entre le cœur et l'accès, au niveau régional ou départemental.

**Partie accès/ Boucle locale/ Réseau de desserte :** la partie qui récupère les clients pour les amener à la collecte et qui permet aux utilisateurs d'accéder au réseau. Les supports de transmission sont variés (paire cuivre, fibre optique, radio...). Le raccordement est en étoile (qui garantit plus de sécurité car il existe plusieurs chemins d'accès). Nous avons quelques Mbits/s.

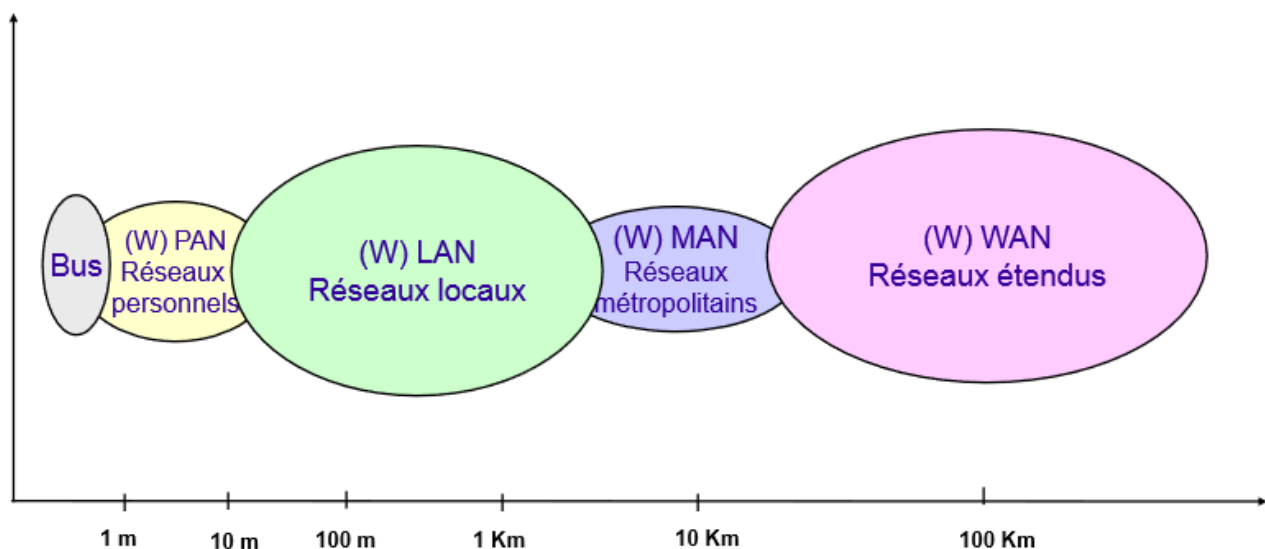
## Les topologies



La partie accès possède une topologie en étoile, en bus ou en anneaux.

La partie cœur possède une topologie en anneaux ou en mailles.

## Les types de réseaux



### PAN Personal Area Network (Wireless)

- Échange direct d'informations pour les équipements personnels

1-25 m

Exemple :

## Kartel 2015

- Infrarouges (IrDA Infrared Data Association) : transfert de données sans fil, portée courte, contact visuel, liaison point à point
- Bluetooth : connexion de périphériques par l'intermédiaire d'une interface sans fil.

### LAN Local Area Network (W)

10m-10 km

- Réseau local pour les entreprises (et les particuliers)
- Débit de quelques dizaines de Mbits/s à des Gbits/s

#### Exemple :

- Ethernet : système en bus, commutation de paquets
- Wifi

### MAN Metropolitan (W)

2km-50 km

- Connexion de sites ou entreprises sur un réseau à haut débit
- Fournit des services à valeur ajoutée : téléphonie IP, transmission multimédia par IP

### WAN Wide (W)

10-1000 km

- Transport d'informations sur de très grandes distances (pays, continent)
- Réseau terrestre ou aérien avec comme support : fibre optique, satellites, ondes hertziennes

#### Exemple :

- Réseaux mobiles (3G, 4G) : transport de la parole, et maintenant d'applications de données/multimédia.
- Internet (Inter Network)
- RTC Réseau Téléphonique Commuté : réseau historique des téléphones fixes.

## Problématique des réseaux mobiles

Comment mettre en place ou maintenir une communication quand l'utilisateur est entrain de se déplacer ?

Solution :

- Utilisation de la **voie hertzienne** entre le mobile et le point d'accès : des émetteurs sont mis en place et ont une zone de couverture limitée appelée « cellule ». Ils assurent une couverture presque complète du territoire de part leur nombre.
- **Hand Over** : mécanismes spécifiques permettant de maintenir la communication en cours de déplacement.

## Autres

### GSM Global System for Mobile communication

- Réseau numérique mobile de deuxième génération (2G)
- Evolution avec **GPRS** (Global Packet Radio Service) pour transférer des applications multimédia

### UMTS Universal Mobile Telecommunications System

## Kartel 2015

- Réseau numérique mobile de troisième génération (3G)
- Couverture totale et mobilité complète pour des débits jusqu'à 384 Kbits/s pour des applications multimédia.

## LTE Long term Evolution

- Réseau numérique mobile de quatrième génération (4G)
- En cours de déploiement
- Accès au Haut Débit dans certaines conditions

### Les différents débits

**Débit** : nombre d'éléments binaires ou de bits transportés par unité de temps

**Rappel** : 1 octet = 8 éléments binaires (bits)

1 Mbits/s =  $10^6$  éléments binaires par seconde

- **Haut Débit** : jusqu'à 30 Mb/s dans le sens descendant (dans le sens du réseau vers l'utilisateur) et environ 1Mb/s dans le sens montant car le réseau n'a pas été prévu pour

- maximum pour l'ADSL

- **Très Haut Débit** : supérieur à 30 Mb/s dans le sens descendant. On peut avoir un débit symétrique (dans le sens descendant et le sens montant)

### Normalisation

**Norme** : document descriptif d'une solution adoptée en commun sur une base volontaire par l'ensemble des acteurs économiques concernés et qui émane des organismes officiels de normalisation. Il permet d'établir des données de référence.

**Standard** : document descriptif d'une solution adopté en commun sur une base volontaire, mais pas avec les mêmes exigences que la norme (sans démarche formelle).

La normalisation doit assurer la cohérence des actions menées et doit faire en sorte qu'elles répondent aux besoins.

### Les collectivités

**Collectivité** : commune, ensemble de communes, un département, une région.

Les communes ont le droit de construire un réseau télécom depuis 2004, depuis elles couvrent 55 % des foyers. Ces réseaux sont appelés **Réseaux d'Initiative Publique RIP**. L'exploitation du réseau est effectué par un tiers.

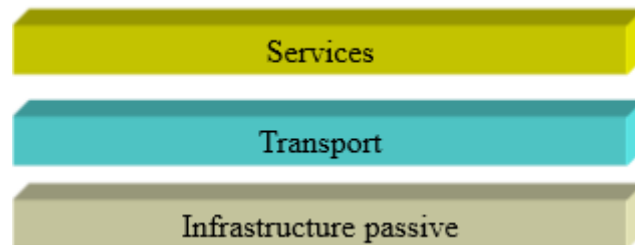
**Effet de l'intervention des collectivités** :

- Couverture haut débit des territoires
- Résorption des zones blanches
- Développement de la concurrence dans le haut débit
- Fibre optique pour les zones d'activités

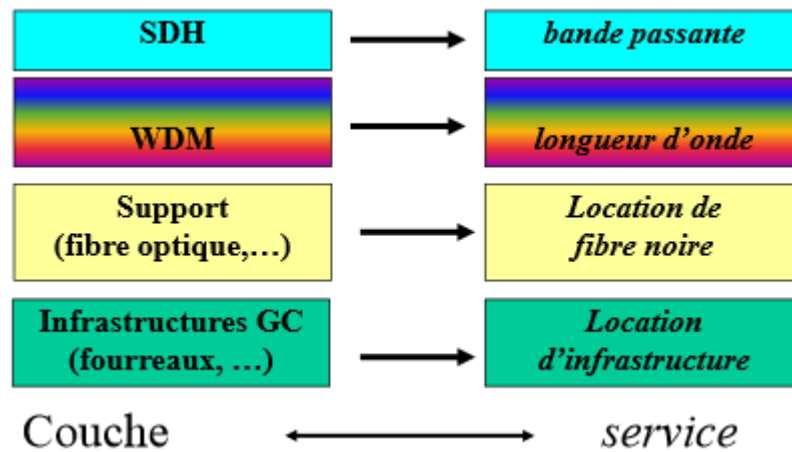
## Modélisation

### Modèle en couche

La couche qui est au dessus est cliente de la couche qui est en dessous.



### Couches client-serveur



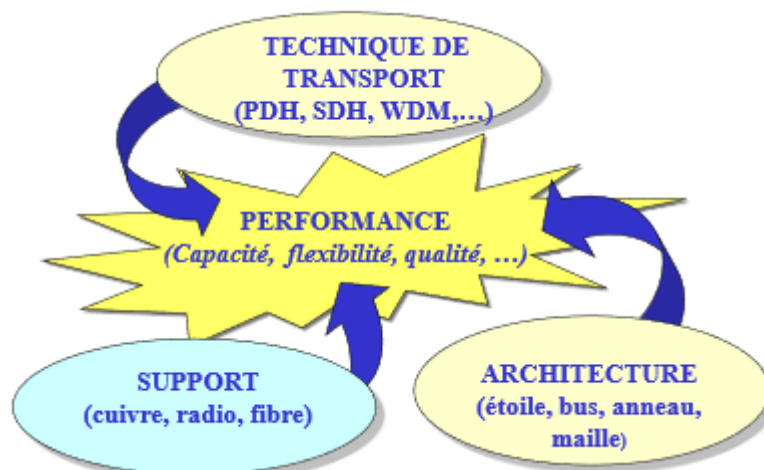
**SDH** : hiérarchie numérique synchrone

Ensemble de protocoles pour la transmission de données numériques à haut débit

**WDM** : multiplexage en longueur d'onde

**Fibre optique noire** : fibre optique brute, installée mais non encore activée.

### Les ressources de transmission



Relation client-serveur

Le fournisseur se doit d'offrir un service de qualité à ses clients. On utilise différents critères :

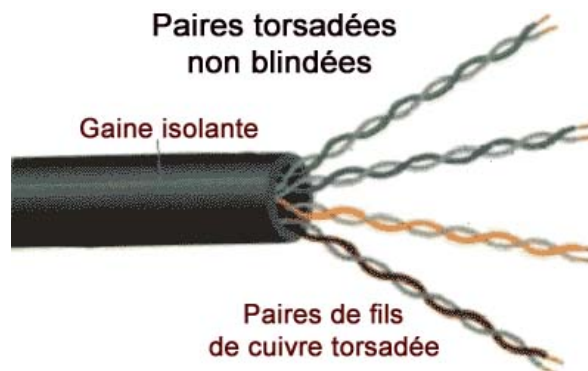
- **QoS Quality of Service** : disponibilité et performance de l'accès au réseau
- **SLA Service Level Agreement** : engagements entre un fournisseur et les utilisateurs.

## Transmission des informations

### Support de transmission

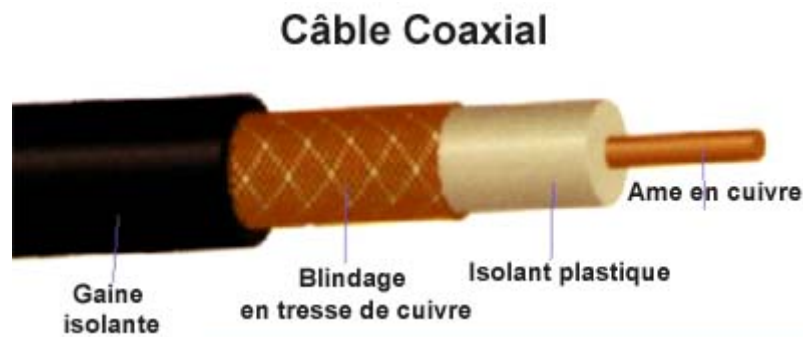
#### Paires métalliques (support guidé)

##### - Paires cuivre torsadées



- Paires de  $7 \times n$  fils
- Support dédié à la voix, le plus déployé en France
- Utilisé en téléphonie, premier support de transmission

##### - Paires coaxiales (TV)



- Meilleur débit, portée plus importante que la paire cuivre torsadée.
- N'est plus déployé aujourd'hui

**Problème pour les paires métalliques :** plus la fréquence est importante, plus on a de pertes (et on a une atténuation importante). On ne peut pas avoir à la fois de la portée et de la capacité. On utilise donc ce support que sur de courtes distances.

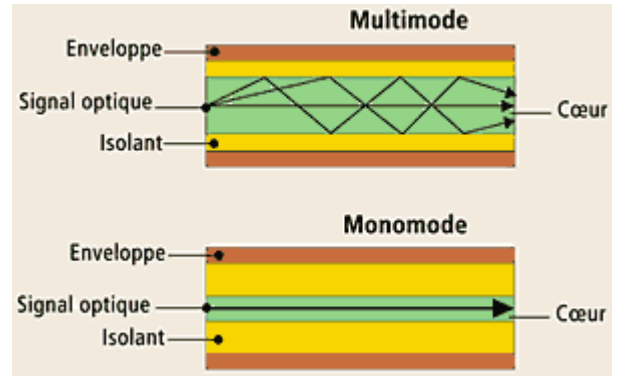
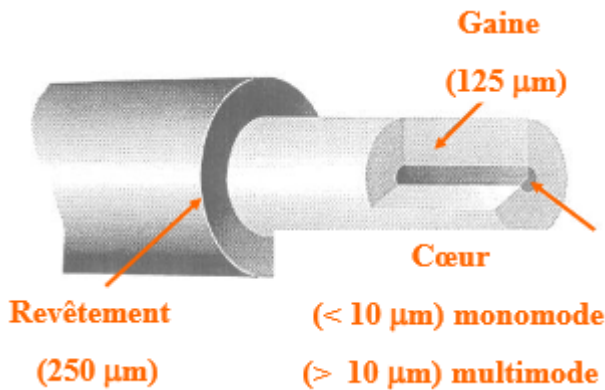
#### Liaisons radio (support non guidé)

- Tranches de spectre réservées pour les télécoms puis redécoupées pour les opérateurs.

**Problème :** difficulté pour avoir du haut débit, les tranches sont fines pour chaque opérateur. On utilise donc cette technique pour les lieux difficiles d'accès avec la fibre optique ou des utilisations spécifiques. Support sensible aux variations climatiques et à la géographie du terrain.



## Fibres optiques (support guidé)



Largement utilisée pour pallier aux inconvénients des autres moyens. L'objectif est d'homogénéiser le réseau avec ce support.

**Principe :** Cheveu de verre composé d'un cœur et d'une gaine. L'indice de cœur est supérieur à l'indice de la gaine, le signal ne peut pas s'échapper. Un laser est placé à une extrémité et récupéré à l'autre.

La fibre monomode est la plus utilisée.

**Avantages :** Très peu de perte grâce à la pureté du verre et à l'utilisation de l'infrarouge. Pas d'interférences dues au champ EM.

Possibilité de moduler très haut (limite vers 100 Terabits)

**Déploiement :** réseau en fibre optique européen → EBN European Backbone Network.

Aménagement Numérique du Territoire : raccordement des opérateurs/collectivités jusqu'à l'utilisateur (FTTx Fiber To The x). Mais très coûteux !!!

### Atténuation, distorsion et dispersion

**Atténuation (dB/km) :** Rapport entre la puissance reçue et la puissance émise, elle caractérise l'affaiblissement du signal au cours de la propagation.

En décibels :  $10 \cdot \log(\text{Puissance reçue} / \text{Puissance émise})$

Loi de Beer-Lambert : Puissance reçue = Puissance émise \*  $\exp(-\alpha L)$  avec  $\alpha$  coefficient d'atténuation linéaire et L la longueur.

Plus on augmente la fréquence et la distance, plus l'atténuation est importante.

D'où la définition de **la portée d'un signal** : distance que peut parcourir un signal sans être régénéré.

**Distorsion :** déformation du signal qui n'est ni un gain, ni une atténuation, ni un retard lors de son traitement.

**Dispersion :** étalement dans le temps entraînant une limitation de la capacité.

Dans les fibres optiques :

- dispersion chromatique : étalement du signal lié à sa largeur spectrale (deux longueurs d'ondes différentes ne se propagent pas à la même vitesse)

- dispersion modale de polarisation PMD : étalement du signal dû à des défauts dans la géométrie des fibres optiques.

### Commutation de circuits vs Commutation de paquets

Pour transporter les informations, on les découpe en paquets. Ils sont aiguillés de nœud en nœud par des commutateurs ou des routeurs sur des lignes de transmission. Dans les premiers réseaux, on utilisait une autre technique d'aiguillage : la commutation de circuits.

#### **Commutation de circuits**

- Allocation statique de bande passante
- Adaptée pour un transport d'informations en temps réel, sans stockage, sans perte, sans duplication de la parole
- Coûteuse en terme de ressources

**Principe :** Un canal est affecté en propre et spécifiquement à chaque communication. L'information d'une même communication suit le même chemin.

Pour cela, il faut déterminer un chemin à travers le réseau, réserver un circuit entre chaque paire de nœuds, superviser la communication et libérer les ressources prises en fin de communication.

#### **Commutation de paquet**

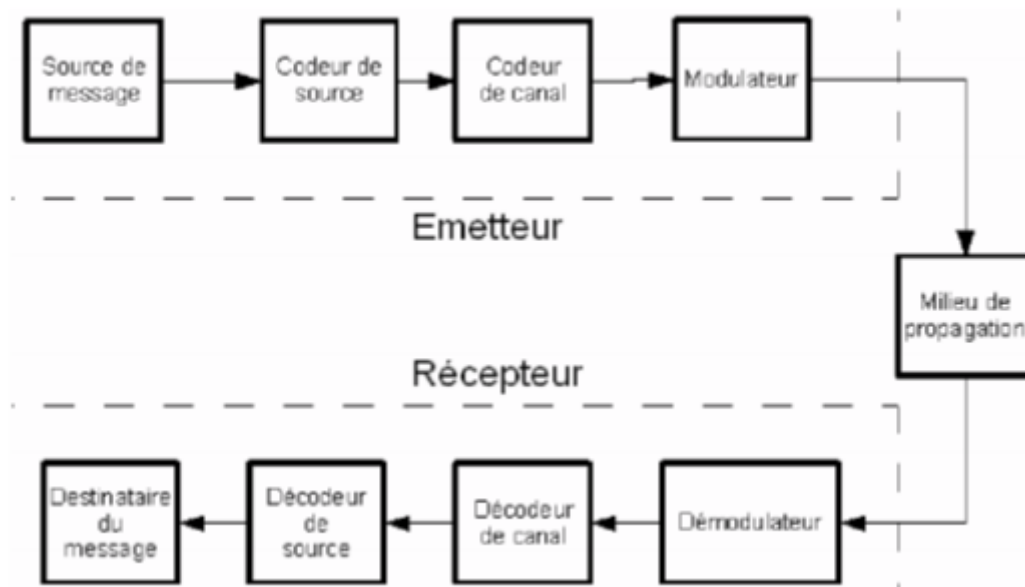
- Allocation dynamique de bande passante
- Utilisée dans les réseaux de données et Internet

**Principe :** On découpe les données en blocs. Chaque paquet est composé d'un en-tête contenant des informations sur son contenu, sa destination et des éléments de sécurisation. Les paquets sont émis sur un premier nœud. Puis ils sont réceptionnés, mémorisés, traités et réémis vers les nœuds suivants. A l'arrivée, les paquets sont ré-assemblés dans l'ordre initial (ils peuvent arriver dans le désordre).

#### **Avantage par rapport à la commutation de circuits :**

- Plus de monopolisation d'un accès pour une seule communication
- Réduction des délais de transfert des données
- Haut niveau de qualité
- Partage de la ressource de transmission de l'opérateur

## Transmission numérique



**Source** : terminal émetteur de l'information

**Codeur source**: représente l'information sous la forme numérique la plus compacte possible selon un code normalisé

**Codeur canal** : ajoute l'information redondante à un message pour compenser le bruit sur le canal de communication utilisé

**Modulation** : processus via lequel une grandeur caractéristique d'une porteuse est astreinte à suivre les variations d'un signal à transmettre ou signal modulant. La modulation peut être en fréquence, d'amplitude ou de phase.

Pour réaliser ce transport, des techniques de numérisation et de multiplexage ont été mises en place.

## Numérisation

**Numérisation** : codage des signaux en une suite d'éléments binaires. Les informations de tout type peuvent ainsi être transportées dans un seul et même réseau. Ce codage est réalisé par le terminal lui-même ou par un équipement spécifique en entrée du réseau.

### Étapes de la numérisation

- **Échantillonnage** : opération de découpage où l'on mesure des variations d'une grandeur physique à des intervalles de temps réguliers. Elle est caractérisée par une fréquence (nombre de mesures par unité de temps).
- **Quantification**: correspondance entre chaque amplitude d'échantillon et l'amplitude la plus voisine d'une suite discrète et finie d'amplitudes « étalons »
- **Codage** sur  $n$  bits ( $= 2^n$  états possibles)

**Avantages:**

- Facilité de la remise en forme du signal d'arrivée abîmé (choix entre 0 ou 1)
- Traitement (cryptage, compression) plus aisé

**Inconvénients :**

- Besoin en bande passante plus important
- Nécessité d'une parfaite synchronisation entre émetteur/récepteur

**Exemple : Application à la voix (technique du MIC)**

**Bande passante téléphonique = 300 – 3400 Hz**

**Bande passante voix = 20 – 20 000 Hz**

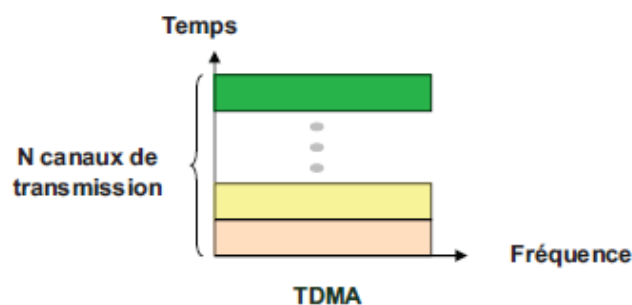
- Échantillonnage à la fréquence 8000 Hz
- Quantification des échantillons (attribution de valeurs décimales aux échantillons prélevés) 8000 fois/sec
- Codage des échantillons sur 8 bits pour la voix
- **Débit de parole numérisée =  $8000 \times 8 \text{ bits/s} = 64 \text{ Kbits/s}$**

La fréquence d'échantillonnage et la profondeur de quantification déterminent la qualité de la numérisation. Le théorème de Shannon impose une résolution spatiale et/ou temporelle suffisante par rapport à l'objet à numériser.

Multiplexage

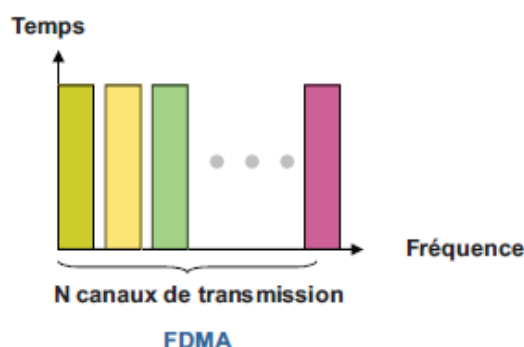
**Multiplexage :** technique qui consiste à faire passer plusieurs signaux de sources différentes en un seul signal à travers un seul support de transmission. On les mélange à l'entrée à l'aide d'un multiplexeur (MUX) et on les sépare à la sortie avec un démultiplexeur (DEMUX).

**Multiplexage temporel ou TDMA (Time Division Multiple Access)**



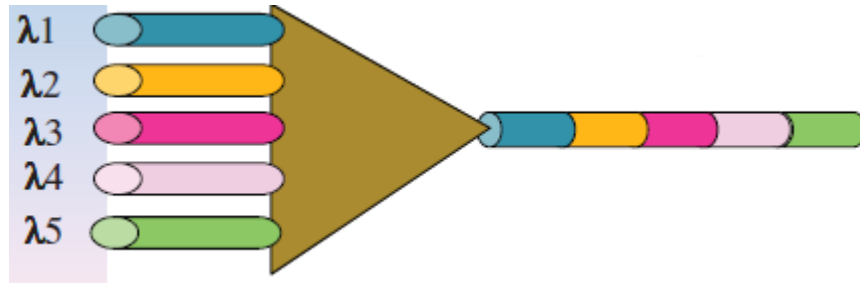
Répartition du temps d'utilisation sur la totalité de la bande passante. Chaque signal est transmis pendant un intervalle de temps limité qui lui est réservé. Les utilisateurs partagent la même bande de fréquence.

**Multiplexage fréquentiel ou FDMA (Frequency Division Multiple Access)**



Partage de la bande passante pour les différents services. Chaque signal module une onde porteuse de fréquence différente et est assemblé aux autres avant d'être transmis.

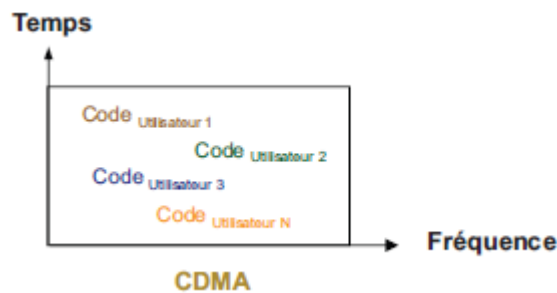
### Multiplexage en longueur d'onde ou WDM (Wavelength Division Multiplexing)



Version optique du FDMA.

Permet de faire passer plusieurs signaux de longueur d'onde différente sur la même fibre optique. Chaque signal est placé sur une longueur d'onde donnée grâce à un transpondeur.

### Multiplexage avec code ou CDMA (Code Division Multiple Access)



Technique la plus récente (utilisée pour la 3G). Les utilisateurs émettent à n'importe quelle fréquence et à n'importe quel moment. A chaque canal de transmission est associé un code spécifique qui le différencie des autres canaux de transmission. Pour reconstituer l'information, le récepteur multiplie le signal reçu par le code associé à l'utilisateur.

### Qualité d'un système de transmission

La qualité d'un système de transmission est évaluée selon quelques caractéristiques :

- la **bande passante**, est l'intervalle de fréquences utilisables sur un support de communication
- la **probabilité d'erreur** par bit transmis, est fonction de la technique de transmission du canal utilisé
- l'**occupation spectrale** du signal émis, est la largeur de bande utilisée pour un débit binaire donné

**! \ Tout signal transmis subira une modification, le signal reçu est différent du signal émis**

### Mode de transmissions de l'information

#### Transmission Simplex

- Liaison où les données circulent dans un sens unique, de l'émetteur vers le récepteur.

- Utilisée lorsque les données doivent être transmises dans un seul sens (ex. clavier vers ordi)

## Transmission Duplex

### - Half Duplex

- Liaison où les données circulent dans les deux sens, mais pas les deux simultanément.
- Chaque extrémité de la liaison émet à son tour.
- Liaison bidirectionnelle utilisant la capacité totale de la ligne

### - Full Duplex

- Liaison où les données circulent dans les deux sens simultanément
- Chaque extrémité de la ligne peut émettre et recevoir en même temps.
- La bande passante est divisée en deux pour chaque sens d'émission des données si un même support de transmission est utilisé pour les deux sens.

## Hiérarchie de transmission numérique

### **PDH** Plesiochronous Digital Hierarchy ou hiérarchie numérique plésiochrone

- Première technologie de transmission numérique pour transporter les voies téléphoniques
- Principe : le signal de la parole est numérisé, un premier multiplexage temporel permet de regrouper les voies de communication sur le même support créant la première trame MIC

### **SDH** Synchronous Digital Hierarchy

- La hiérarchie utilisée aujourd'hui
- Repose sur une trame numérique de niveau élevé apportant une facilité de brassage et d'insertion/extraction des niveaux inférieurs, c'est une version évoluée de la PDH

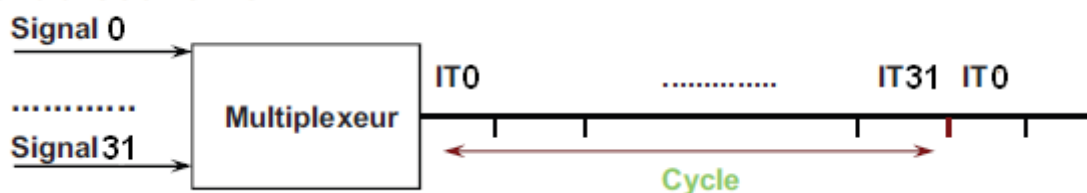
## Trame MIC

### **MIC** Modulation par Impulsion et Codage

Le codage MIC est une représentation numérique non compressée d'un signal analogique via une technique d'échantillonnage. Il permet de multiplexer sur une même paire 30 voies téléphoniques numérisées. Chaque voie est échantillonnée à 8 KHz (soit toutes les 125 microsecondes), chaque échantillon est codé par mot de 8 bits. Chaque voie transmet un débit de 64 Kbits/s.

L'assemblage des mots binaires entre 2 échantillons successifs d'une même voie forme la trame MIC.

### Constitution d'une trame MIC



**IT0** synchronisation, **IT 16** signalisation

## **Téléphonie classique**

### Présentation

**RTC** : Réseau Téléphonique Commuté, réseau historique des téléphones fixes.  
Utilisation de la commutation de circuits.

### Généralités

**Première génération** : réseau analogique (= transport de la voix via la modulation)

**Deuxième génération** : réseau numérique

- Commutation de circuits
- La parole est numérisée le plus souvent à l'entrée du réseau de l'opérateur, la ligne de l'abonné reste en général analogique.
- La boucle locale est améliorée, il est possible de transmettre des données à des débits divers. D'où la mise en place en France du réseau entièrement numérique RNIS.

**RNIS** : Réseau numérique à intégration de services (en anglais : ISDN).

C'est le réseau de télécommunications qui fournit deux lignes numériques simultanées à un débit de 64 Kb/s aux utilisateurs finaux.

**Troisième génération** : réseau numérique, téléphonie sur IP

- Commutation de paquets
- Les terminaux placent toutes les informations dans des paquets émis sur la ligne d'abonné vers le cœur du réseau de paquets de l'opérateur.
- Problème : mauvaise qualité de service car il faut transiter des paquets de « voix » en temps réel, de façon sécurisée, dans l'ordre et leur transfert de bout en bout (entre terminaux) ne doit pas dépasser 150ms.
- Offres des opérateurs ou des fournisseurs d'accès à Internet : communications téléphoniques nationales/internationales, standard téléphonique, Internet haut débit illimité...

### Les premiers réseaux téléphoniques

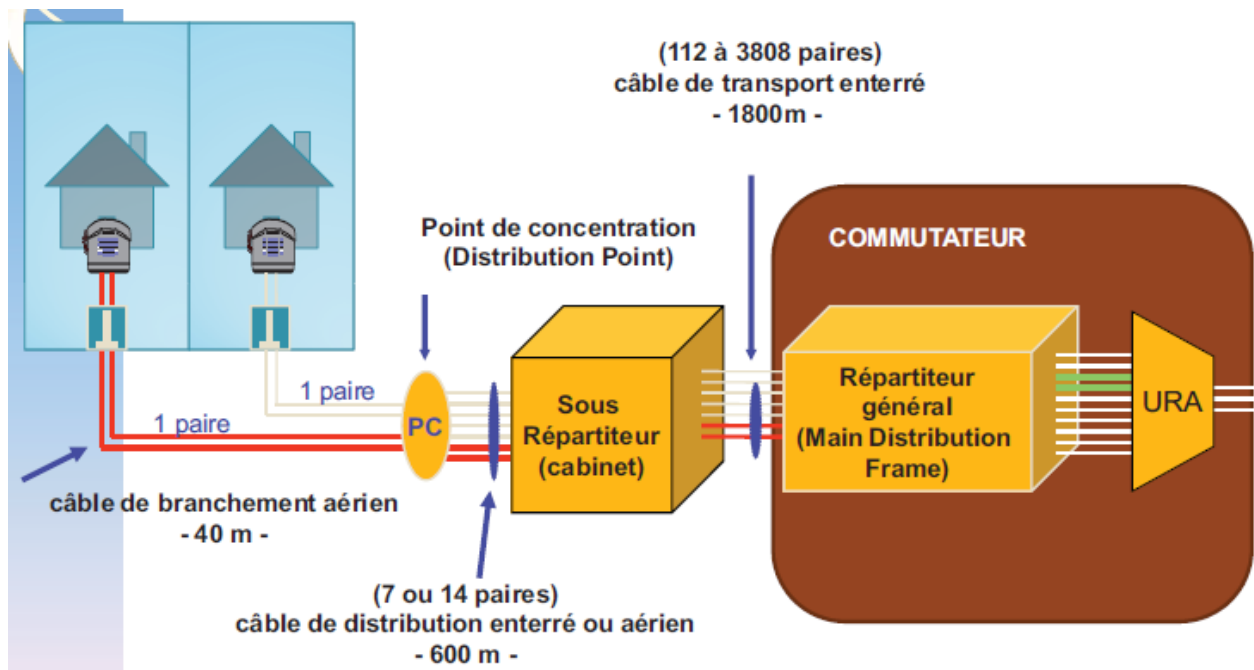
- Structure maillée
- Les opérateurs sont spécialisés les commutateurs :
  - Avant, on parlait de Commutateurs d'Abonnés, maintenant on parle de NRA (= CAA + URA, dans le RTC de France Télécom).
  - Commutateurs de transit (au cœur du réseau)
- Si deux nœuds voisins (NRA) ont des échanges intenses → lien direct  
Sinon, la liaison passe par un commutateur de transit.

### La boucle locale pour les paires cuivres

**Boucle locale** : le raccordement des utilisateurs aux NRA.

En téléphonie classique, l'opérateur historique France Télécom possède des paires de cuivres installées partout. Il envoie de l'électricité sur ces supports → le RTC fonctionne même avec une

coupure de courant.



- Coût de mise en place + maintenance = très cher !
- Nouveaux opérateurs peuvent :
  - Louer ces paires de fils et utiliser le réseau de France Télécom avec le dégroupage.
  - Déployer leur propre réseau d'accès (fibre optique, wimax...)

### Dégroupage

**Dégroupage totale :** mise à disposition de l'intégralité des bandes de fréquence des paires de cuivre aux opérateurs de télécommunication alternatifs.

**Dégroupage partiel:** mise à disposition de l'opérateur tiers de la bande de fréquence « haute » de la paire de cuivre, sur laquelle il peut construire un service ADSL, par ex. La bande de fréquence basse (0-4 KHz) est réservée à France Télécom pour fournir un service téléphonique.



## **Internet et IP**

### Présentation

**Internet** Inter Network : interconnexion de réseaux indépendants, transport de tout type d'informations sous forme de paquets.

L'interconnexion est réalisée de façon distribuée, chaque réseau décide de la connexion avec ses voisins sur la base d'agréments bilatéraux. Il n'y pas de backbone (attention, ne pas confondre avec l'architecture technique !).

### Architecture technique

Les utilisateurs sont raccordés au réseau Internet par l'intermédiaire d'un fournisseur d'accès Internet **FAI**. Ils sont connectés à leur FAI par la boucle locale, les FAI sont connectés au backbone dans des points d'échanges grâce à la fibre optique. Les FAI peuvent passer par un opérateur d'infrastructure disposant de réseaux physiques pour offrir leurs services aux clients.

### Plateformes de service de FAI

- Serveurs de mail : réception et envoi de mails (avec stockage)
- Serveurs Web : hébergent les pages personnelles des clients
- Serveur DNS résolveurs : traduisent des noms de domaine Internet en adresses IP

### Boucle locale

#### - **ADSL** Asymmetric Digital Subscriber Line

- Technique permettant de transmettre et de recevoir des données numériques sur une ligne de raccordement téléphonique via un modem ADSL
- Débit asymétrique
- Portée : env. 5 km (le débit chute avec la distance)
- Les FAI doivent louer les paires cuivres (dégroupage)

#### - **SDSL** Symetric Digital Subscriber Line

- Idem que l'ADSL sauf que le débit est symétrique

#### - **Câble** sur les réseaux câblo-opérateurs

#### - **Fibre optique**

#### - **WiFi**

#### - **WiMAX** World Interoperability for Microwave Access

- Transmission et accès à Internet haut débit par voie hertzienne sur une zone géographique étendue

#### - **Satellite**

- Couvre le territoire entier en Internet haut débit

#### - **Accès mobiles** : 2G, 3G, 4G

## La connexion des FAI à Internet

Un FAI Français doit permettre à ses clients d'accéder à l'intégralité d'Internet.

### Accord de Peering

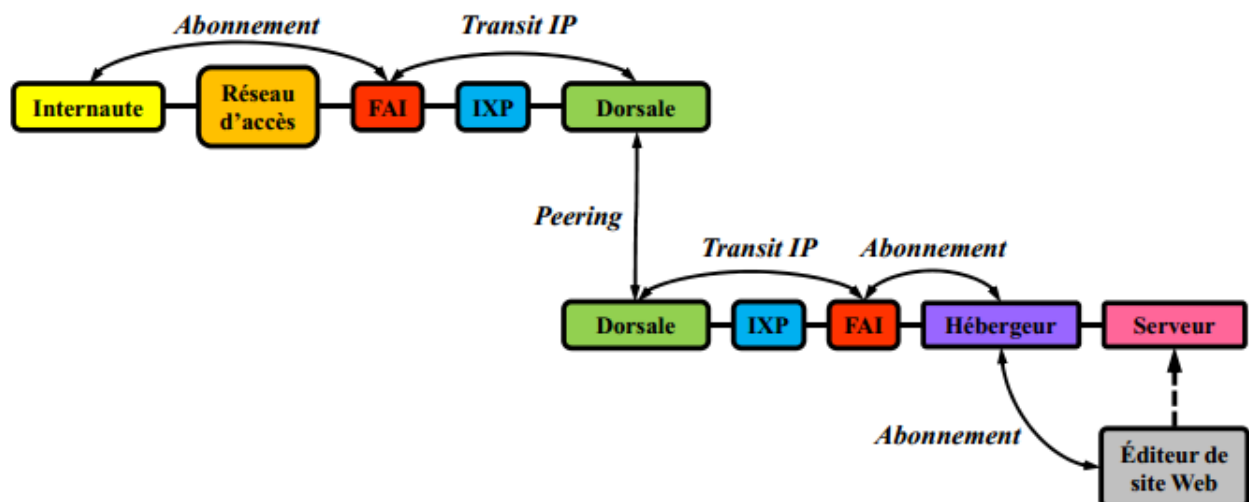
- Échange de trafic entre deux FAI
- Un FAI français se connecte avec les autres FAI français via le peering (gratuit)
- FAI et fournisseurs de contenus (Youtube,...) ont des accords de peering → les FAI veulent que les fournisseurs de contenus paient le peering (car le nombre d'échanges augmentent)

### Contrat de transit

- Connexion d'un FAI à des dorsales Internet pour accéder au réseau mondial (payant)

### Point d'échanges Internet ou IXP (Internet Exchange Point)

- Ces connexions (transit + peering) sont lieu dans des points d'échange Internet
- Chaque FAI et opérateur de dorsale installe un routeur IP dans le point d'échange. Ces routeurs sont connectés à un équipement central permettant de commuter le trafic entre routeurs (switch Ethernet). Le routeur accepte seulement le trafic des FAI et dorsales avec qui le FAI a un contrat.



## Dorsales Internet

Technologies utilisées

- **Fibre optique** : câble sous-marins ou continentaux doté de nombreuses couches de protection, et utilisant le multiplexage WDM. Des répéteurs permettent de régénérer le signal optique à des intervalles réguliers (80-100km).
- **Satellites géostationnaires** en orbite équatoriale pour les zones difficiles d'accès (temps de transmission supérieur à la fibre). Ils utilisent des transmissions radio dans des bandes de fréquences réservées.

## Les hébergeurs Web

Les serveurs sont hébergés chez un hébergeur Web (= data Center) : bâtiments avec climatisation, alimentation électrique sécurisée...

### **Hébergement :**

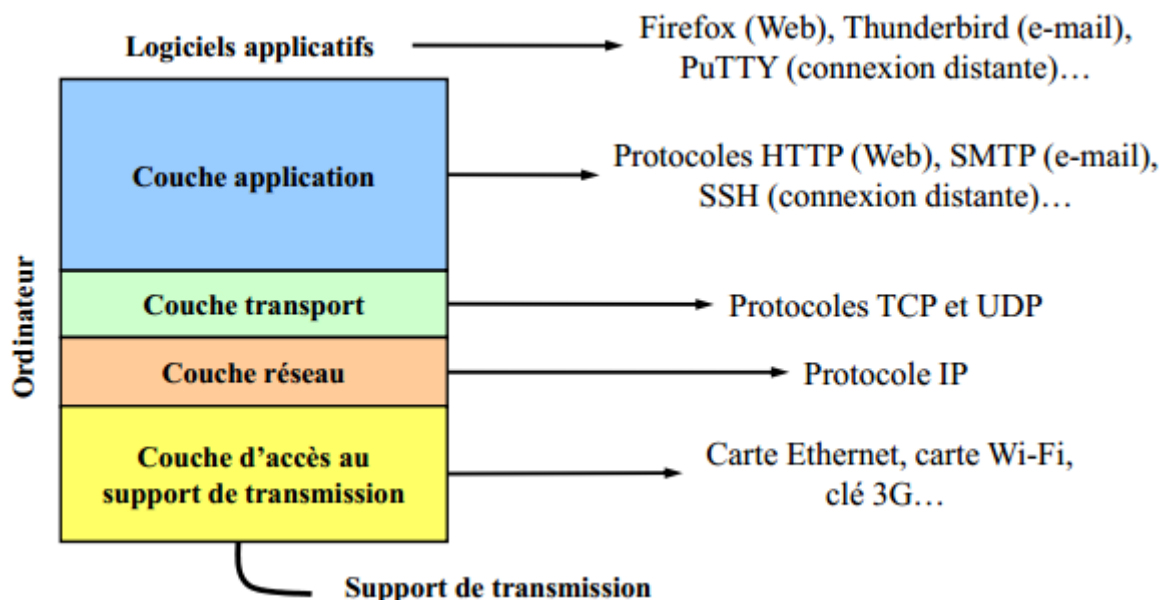
- dédié (un PC par client)
- partagé (un PC pour plusieurs clients)
- virtualisé (une machine virtuelle par client)
- cloud (à la demande)

## Architecture TCP/IP

**Protocole :** Ensemble de règles de communication entre des équipements. Il spécifie le format des données échangées et le séquençement des échanges.

**Architecture TCP/IP :** ensemble de protocoles standards d'Internet composée de trois couches :

- Couche réseau : protocole IP permet la transmission des paquets d'information entre un émetteur et un récepteur
- Couche Transport : protocole TCP assure la fiabilité du transfert des données entre l'émetteur et le destinataire
- Couche application : protocoles applicatifs permettent l'échange de données propres à chaque service Internet (ex. HTTP pour le Web)



### **Protocole IP**

- Tout ordinateur connecté à Internet possède une adresse IP
- Les données sont envoyées par chaque ordinateur sous forme de paquets IP (= regroupement de bits) qui contiennent l'adresse du destinataire, le message et l'adresse IP de l'émetteur
- Le premier routeur recevant ce paquet regarde l'adresse IP du destinataire et cherche l'interface de sortie du routeur qui permet d'accéder à la destination cible. Puis il envoie le paquet sur cet interface. Les routeurs suivants font de même.

**Inconvénients :**

- Protocole léger qui ne garantit pas une qualité de service
- Les paquets IP sont envoyés indépendamment des autres → paquets en désordre à l'arrivée
- Un routeur trop chargé détruit les paquets qui ne peuvent être traités
- Le contenu des paquets peut être altéré au cours du transfert à cause d'erreurs dans le réseau

**Protocole TCP**

- Corrige les imperfections du protocole IP, fiable mais peu rapide
- Numération des données envoyées → remise en ordre à l'arrivée
- Lorsqu'une donnée TCP est correctement reçue, le destinataire envoie un accusé de réception à l'émetteur → renvoi des données si pas accusé de réception
- Utilisation d'un code de détection des erreurs pour contrôler les paquets à l'arrivée → si erreur, renvoi des données

**Protocole UDP**

- Protocole alternatif au protocole TCP, moins fiable mais plus rapide
- Aucun contrôle, les données peuvent être perdues ou altérées
- Utilisation pour la voix sur IP, par ex

Le serveur doit savoir si les données TCP ou UDP reçues sont destinées au serveur Web ou au serveur mail. Les paquets TCP et UDP ont donc un **numéro de port serveur**. Ce numéro de port a une valeur standard pour chaque application (ex. 80 pour le web, 25 pour l'email)

**Protocoles spécifiques**

- Web : HTTP  
Lors du clic sur un lien http, une requête est envoyée au serveur Web qui contient l'identification de la page. Le serveur Web renvoie au navigateur le contenu de la page (code source HTML...)
- Mail : SMTP, POP, IMAP
- Transfert de fichier : FTP

Téléphonie sur IP

La voix captée à partir d'un micro est numérisée puis codée au moyen d'un Codec à un certain débit. La voix numérisée est ensuite envoyée au destinataire dans une suite de paquets IP.

**Protocole SIP :** protocole d'établissement de l'appel (signalisation d'appel, détection du décrochage et du raccrochage)

Encapsulation des données

Les données sont transmises d'une couche à l'autre par encapsulation. Chaque couche reçoit les données à transmettre de sa couche supérieure. Elle ajoute des éléments d'information propres à son activité dans une en-tête devant les données reçues de la couche supérieure. Elle envoie alors l'ensemble à la couche inférieure. Les en-têtes s'ajoutent donc, le récepteur établit le mécanisme inverse.

<b>Version = 4</b> <b>Adresse IP source = 192.168.1.27</b> <b>Adresse IP dest = 157.159.11.9</b>	<b>Numéro de port serveur = 80</b> <b>Numéro de séquence TCP = 1</b>	<b>GET / HTTP/1.1</b>  <b>Host: www.telecom-sudparis.eu</b> <b>User-Agent: Firefox/33.0</b>
<b><u>En-tête IP</u></b>	<b><u>En-tête TCP</u></b>	<b><u>Message HTTP</u></b>

### Les adresses IP

#### Adresse IP

- Constituée d'une partie gauche (adresse réseau) et d'une partie droite (adresse station)
- Les adresses IP sont attribuées par les FAI aux utilisateurs
- Un ordinateur change d'adresse IP lorsqu'il change de connexion Internet
- Des adresses IP sont allouées à des régions du monde (registre Internet régional) → distribution aux FAI → attribution aux clients

#### IPv4

- Codage sur 4 octets (32 bits)
- Plages d'adresse IPv4 presque épuisées
- Représentation en notation décimale pointée (ex. 157.159.11.9)

#### IPv6

- Successeur de IPv4, codage sur 16 octets (128 bits)
- Représentation en hexadécimal (ex. 2001:660:3203)

#### IP privé

- Numérotation des ordinateurs sans passer par les FAI
- Utilisation d'adresses IP privées « derrière » la box

### Les noms de domaines

**Noms de domaines :** permettent d'identifier les serveurs. Ce sont des chaînes de caractères destinées aux utilisateurs humains. Les serveurs sont identifiés par des noms d'hôtes (hostname) comportant une extension.

(ex. <http://www.youtube.com> : adresse URL, [www.youtube.com](http://www.youtube.com) : nom d'hôte, youtube : nom de domaine, .com : extension)

Des entreprises « registres » sont en charge de chaque extension, et des bureau d'enregistrement commercialisent les noms de domaines.

### DNS

**DNS :** traduction des noms de domaine en adresses IP

Des serveurs DNS sont associés aux différents niveaux hiérarchiques des noms d'hôte (racine,

## Kartel 2015

extension, nom de domaine, hostname). Un serveur DNS à un niveau donné connaît des informations sur les serveurs du niveau inférieur.

Traduction du nom d'un serveur en adresse IP : le serveur résolveur interroge les serveurs DNS de l'arborescence (serveur racine/extension/domaine)

### Service Web

#### **HTML** HyperText Markup Language

- Langage pour décrire et présenter les documents
- Indépendant du matériel ou du système d'exploitation

#### **HTTP** HyperText Transfer Protocol

- Protocole de communication entre le serveur Web et l'utilisateur

#### **URL** Uniform Ressource Locator

- Syntaxe du Web pour spécifier la localisation physique d'un document de manière unique