

## Enseignement Réseaux

• **Pascal.Sicard@imag.fr**

**Laboratoire LIG Bâtiment D Ensimag Bureau 313**

• **10 \* 1h30 heures de cours + 5 \* 3 h de TPs**

- Connaissance de base sur les réseaux informatiques
- Problématiques et architecture des réseaux : “ comment les ordinateurs arrivent à communiquer ?”
- Du support à l’application

## Enseignement Réseaux

• **Comptes rendus de TPs -> note de contrôle continu**

- **Note finale: 2/3 examen, 1/3 TPs**

• **Supports des cours et TPs sur le Moodle de l’UFR IMAG:**

• **<http://im2ag-moodle.e.ujf-grenoble.fr/>**

• **Des exercices aussi**

• **Salles particulières de travaux pratiques: 101/102 et 104/105**

• **Non accessibles en libre service mais possibilité d’ouverture à la demande**

## Bibliographie

• Analyse structurée des réseaux - 2ème édition- J. Kurose et K. Ross  
PearsonEducation- 2ème édition

• Les réseaux - G. Pujolle  
Eyrolles 2000

• Réseaux locaux et Internet- Des protocoles à l’interconnexion  
- 2ème Edition - L. Toutain- HERMES

• Réseaux, 5ème Edition A. Tanenbaum. InterEditions

• Sur le Net:

- Wikipedia
- Le tour du Net en questions: <http://www-public.it-sudparis.eu/~maigron/Internet>

## Bibliographie

• Analyse structurée des réseaux - 2ème édition- J. Kurose et K. Ross  
PearsonEducation- 2ème édition

• Les réseaux - G. Pujolle  
Eyrolles 2000

• Réseaux locaux et Internet- Des protocoles à l’interconnexion  
- 2ème Edition - L. Toutain- HERMES

• Réseaux, 5ème Edition A. Tanenbaum. InterEditions

• Sur le Net:

- Wikipedia
- Le tour du Net en questions: <http://www-public.it-sudparis.eu/~maigron/Internet>

## Contenus et objectifs du cours

- **Notions générales sur les réseaux**

- Définitions, vocabulaire
- Architecture
- Vue d'ensemble des nombreuses problématiques "réseau"
- Etudes pratiques sur les principaux protocoles d'Internet (Ethernet, IP, TCP et UDP)

- **Premières notions d'administration d'un réseau**

- Montage physique
- Configuration système/réseau
- Observations et analyse

## Contenus et objectifs du cours

- Vue d'ensemble permettant d'aborder un métier "réseaux" mais aussi indispensable aux programmeurs d'applications distribuées
- Etudes des protocoles d'Internet sur lesquels toutes les applications réparties/distribuées sont élaborées
- **Enseignement délicat par la diversité des problématiques :**  
"Il est difficile de communiquer, même pour des machines"

## Bref historique

- **Avant l'informatique:**

- Télégraphe 1838 (Samuel Morse)
- Téléphone (1870) (En France commercialisation en 1880)

- **Exemple : 1980**

- Université de Grenoble : 1 seul ordinateur (Système Multics)
- Grande pièce avec baie vitrée
- Consoles (Réseau local)

- **Partage du temps et des ressources**

- Temps CPU limité /mois

- **Inconvénient :**

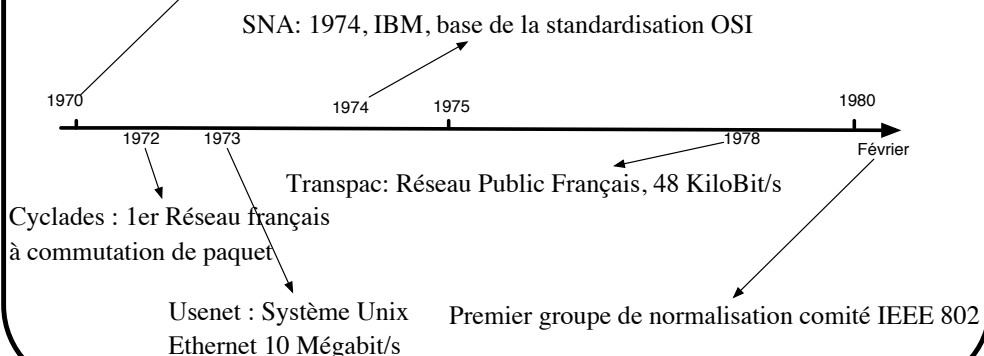
- Peu pratique pour faire les TPs
- Distance limitée
- Pannes



## 1970-1980 Echanger des fichiers

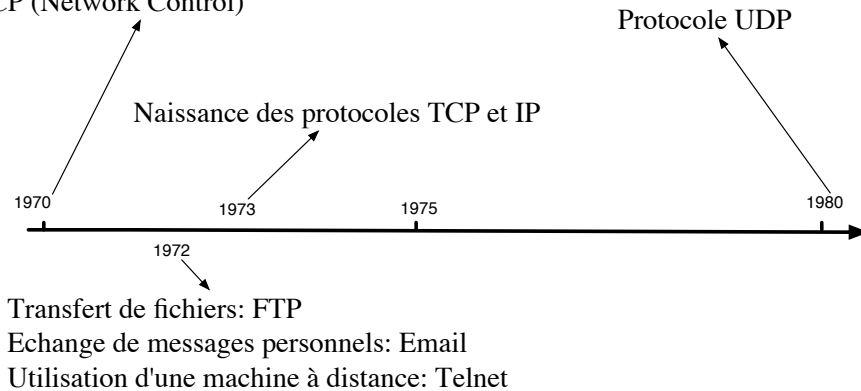
Naissance de l'idée de réseau informatique

**Arpanet:** Projet Défense Militaire USA,  
4 Universités, sur ligne téléphone, 50kBit/s



## Premières applications

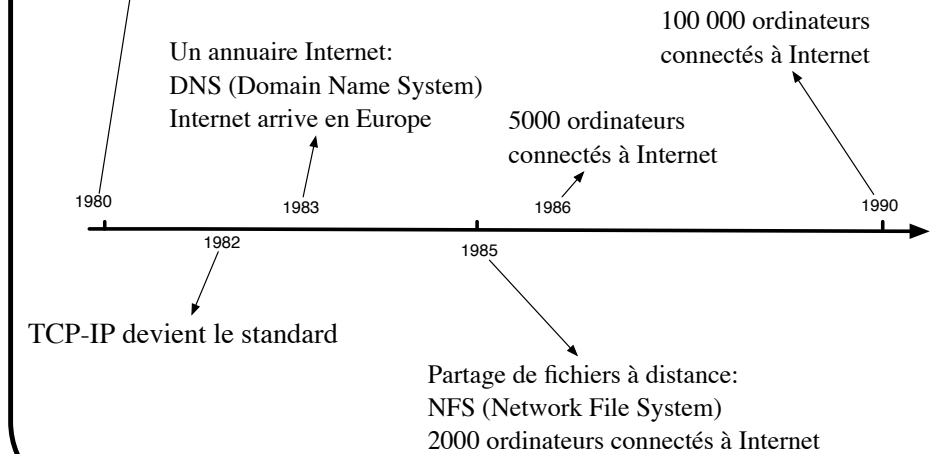
Premier protocole d'ARPANET:  
NCP (Network Control)



**Les protocoles réseaux doivent garantir qu'il n'y ait pas de perte d'information**

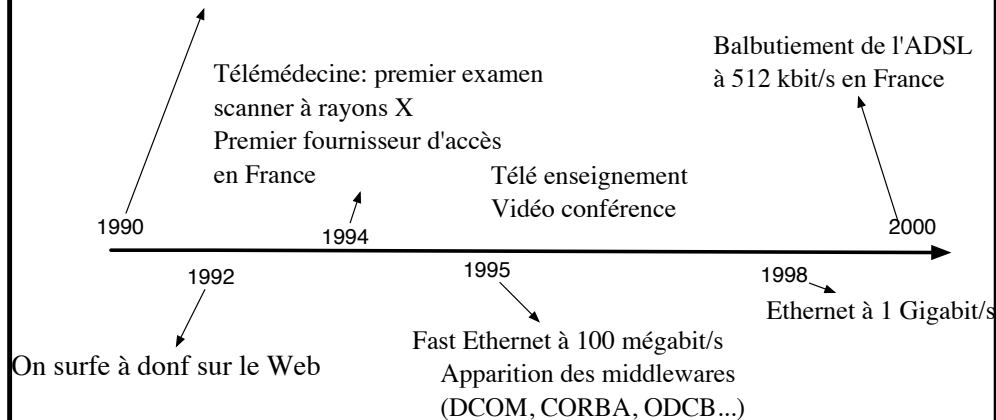
## 1980-1990 L'essor d'Internet

Naissance d'Internet



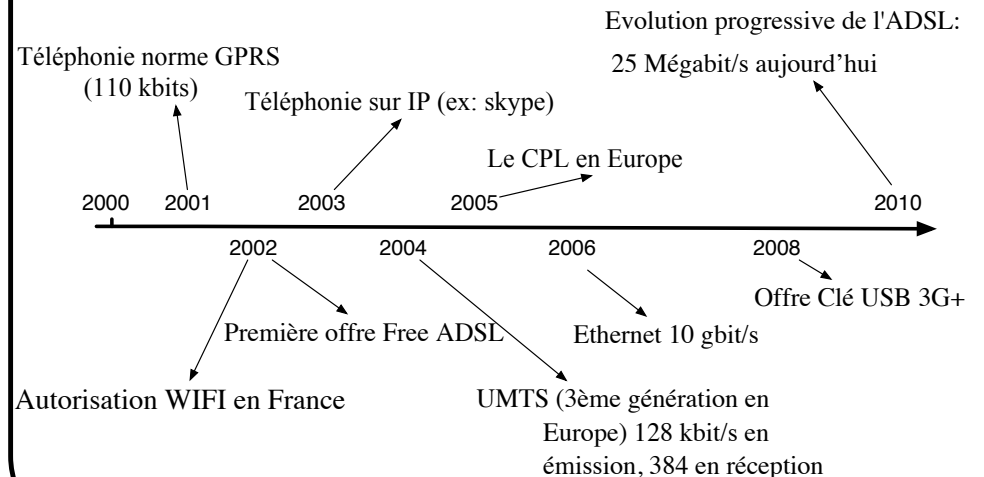
## 1990-2000: Du Mégabit au Gigabit

Naissance de la toile : le WEB  
Accès RNIS en France 2\* 64 kbit/s

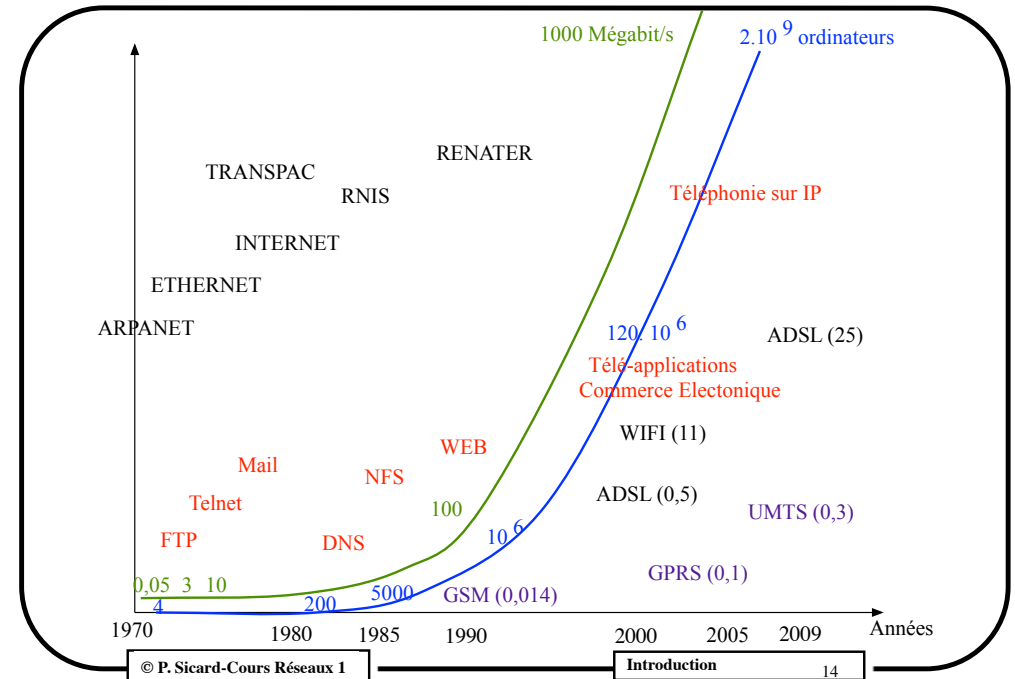
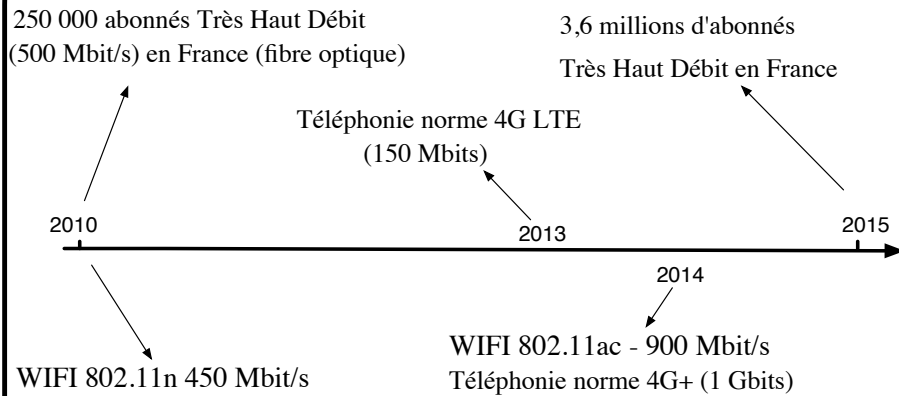


**Nouvelles qualités de service nécessaires pour les applications temps réel  
débit minimal, latence maximale, variation du débit ....**

## 2000-2010 Jonction de la téléphonie et de l'informatique



## 2010-2015

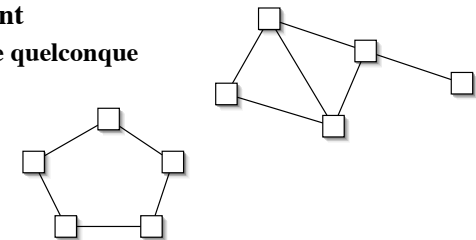


## Définition

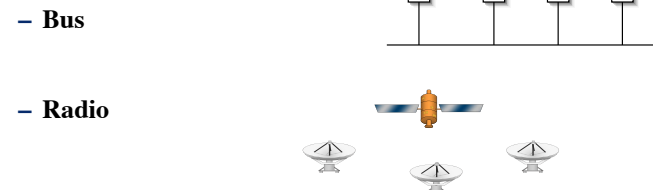
- **Réseau: Système (matériel + logiciel) qui permet à un ensemble d'ordinateurs autonomes de communiquer**
  - Nombreux sens: réseau physique, protocole réseau, logiciel réseau ...
  - Les ordinateurs : ordinateur personnel, téléphone, assistant personnel (Personnel Digital Assistant: PDA), capteurs divers ...
- **Classification suivant différents critères**
  - Topologie physique
  - Etendue géographique (classification non stricte)

## Topologie physique

- **Liaison point à point**
  - Topologie maillée quelconque



- **Liaison à diffusion**



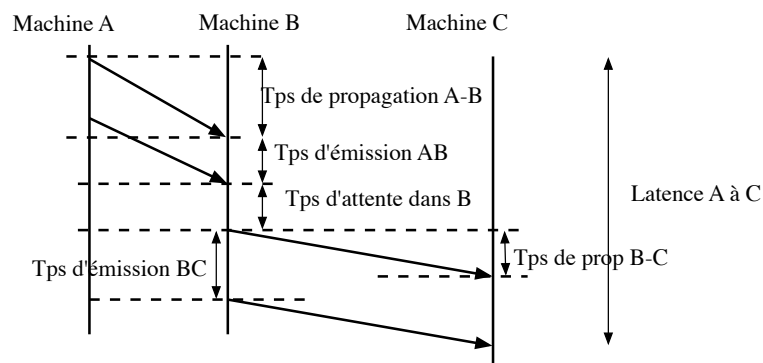
## Classification des réseaux suivant leur taille

- **Réseaux locaux (Local Area Network, LAN)**
  - Distance < 1 km: 1 immeuble
  - Débit élevé, taux d'erreur faible
  - Topologie diverses: Bus, anneau
  - Exemple : Ethernet
- **Réseaux étendus (Wide Area Network, WAN)**
  - Distance importante: Pays, Planète
  - Topologie maillée: interconnexion de réseau par des liaisons point à point
- **Réseaux métropolitains (Metropolitan Area Network, MAN)**
  - Distance intermédiaire : quelques dizaine de km, ville
- **Internet : INTERconnection NETwork**
  - Réseaux locaux interconnectés par des MAN ou WAN

## Performances des communications

- **Débit:**
  - Quantité d'information émise par unité de temps
  - Kilo, Méga, Giga **bits/s**
  - Dépend de la bande passante du support (Hertz)
- **Temps d'émission**
  - Quantité d'information / débit
- **Vitesse de l'onde physique sur le support**
- **Temps de propagation**
  - Temps écoulé entre l'émission et la réception d'une information
  - Longueur du support / vitesse de l'onde
- **Temps d'attente**
  - C'est le temps perdu par le système de communication
  - Exemple stockage et réexpédition dans les noeuds d'un système maillé
- **Latence : Temps d'émission + Temps d'attente + Temps de propagation**

## Temps d'émission/ Temps de propagation



**Latence ou temps de transfert**  
**Temps d'aller retour ou RTT (Round Trip Time) = 2 \* latence**

## Exemples de latences

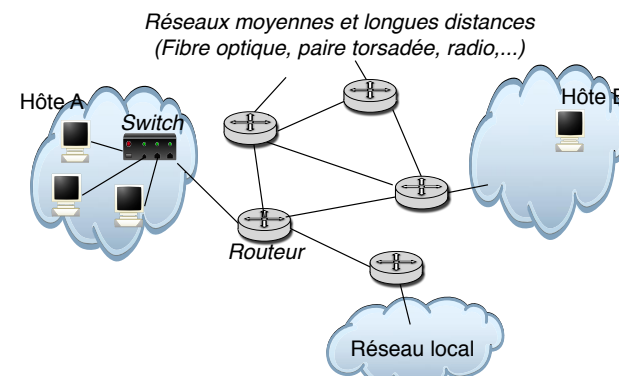
- **Temps d'émission et temps de propagation sont indépendants et ont un impact variable suivant les applications**
- **Exemple 1:**
  - Echange de messages courts (1 kbit) à travers un réseau à temps de propagation grand
    - » Fibre optique. Distance 5 000 km. Vitesse de l'onde :  $2 \cdot 10^8$  m/s
    - » Temps de propagation: 25 ms
    - » Débit= 10Mbit/s : Temps d'émission: 0,1ms
    - » Débits= 100 Mbit/s : Temps d'émission: 0,01ms
  - Temps d'émission négligeable
- **Exemple 2:**
  - Echange de messages volumineux (1 Gigabit)
    - » Débit= 10 Mbit/s : Temps d'émission: 100 s
    - » Débits= 100 Mbit/s : Temps d'émission: 10 s
  - Temps de propagation négligeable

## Qualité de service

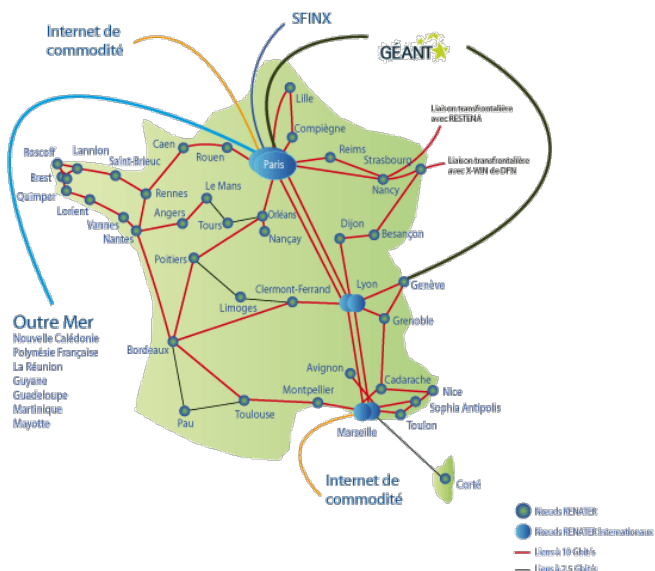
- **Quality of Service (QoS):** Indique les facteurs de qualité de communication nécessaires à une application
- Ces facteurs dépendent de la nature de l'application
- **Exemples:**
  - Faible taux de perte (probabilité pour qu'un message soit perdu ou modifié): par exemple nul pour le transfert de fichier
  - Gigue faible (variation de la latence): nécessaire pour les applications temps réel (téléphonie, vidéo conférence..)
  - Latence maximale autorisée : téléphonie (inférieur à 0,25s)
  - Débit minimal nécessaire : téléphonie (64 kbit/s)
- **Garantie des QoS par le réseau:**
  - Problème difficile
  - Non prévu dans les protocoles initiaux d'Internet (Seulement taux d'erreur nul)

## Structure physique d'Internet

- Des machines utilisateurs (**hosts / hôtes**)
- Des réseaux locaux reliant les hôtes
- Des machines spécialisées appelées **routeurs** (router/gateway) reliant des réseaux locaux et des réseaux étendus



## Un exemple de réseau : RENATER



## Fonctionnement du réseau Analogie réseau routier

- **Passagers:** Information à échanger
- **Voitures:** ondes (électriques, optique, radio...) se propageant sur les supports
- **Domiciles:** machines utilisateurs
- **Routes:** Différents supports (câbles, fibre optique, ondes radio...)
  - Différents débits possibles (nombre de passagers à l'heure)
  - Différentes vitesses possibles (vitesse des voitures)
- **Carrefours: routeurs:**
  - Mémorisation de l'information dans des files d'attente
  - Fonctionnent comme un carrefour à feux ou stop : la voiture s'arrête avant de repartir (avec une vitesse pouvant être différente)

## Exemple d'utilisation

- **Application de transfert de fichier: ftp**
- **Utilisateur : ftp ufrima.imag.fr puis get fichier**
- **Désignation universelle des machines: adresse Internet**
  - IPV4 : 4 octets donnés en décimal- Exemple: 192.0.0.1
  - IPV6 : 16 octets donnés en hexadécimal- Exemple: 2001:660:5301:8000:0:0:0:1aed
- **Annuaire: nom / adresse Internet**
  - Où se trouve l'annuaire ?
  - Annuaire réparti : Application DNS (Domain Name System)
  - Organisation hiérarchique : machine *ufrima* dans la zone *imag* qui elle même se trouve dans la zone *fr*

## Problèmes à résoudre

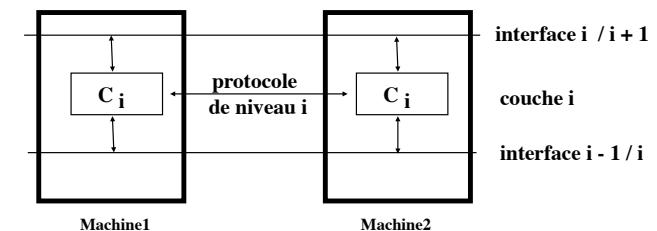
- Avant d'envoyer le fichier :
  - Vérifier que la machine distante est présente et accepte de recevoir/envoyer des données
  - On parle d'établissement de "*connexion*"
- Trouver la route à suivre pour arriver à destination : *routage*
- Remédier à la perte/détérioration des information lors du transport : *contrôle d'erreur*
- En cas de saturation dans le réseau, limiter le débit d'émission pour désengorger l'embouteillage : *contrôle de congestion*
- Si le récepteur ne suit pas la cadence, adapter le débit d'émission à celui du récepteur: *contrôle de flux*
- Suivant les contraintes du réseau physique il faut découper les données en morceaux de taille convenable: *segmentation/ré-assemblage*
- ...

## Diviser pour régner

- **Nombreux problèmes de diverses natures**
- **Les solutions dépendent de différents paramètres : réseau physique, qualité de service demandée ...**
  - On veut pouvoir fournir des solutions diverses et les combiner à volonté
  - Exemple:
    - » un service sans connexion préalable avec un taux d'erreur quelconque
    - » un service avec connexion et un taux d'erreur nul
- **Structuration hiérarchique des fonctionnalités nécessaires**
  - Simplification du problème par division en sous-problèmes indépendants
- **Différentes couches indépendantes s'occupant d'une partie spécifique des problèmes à résoudre**

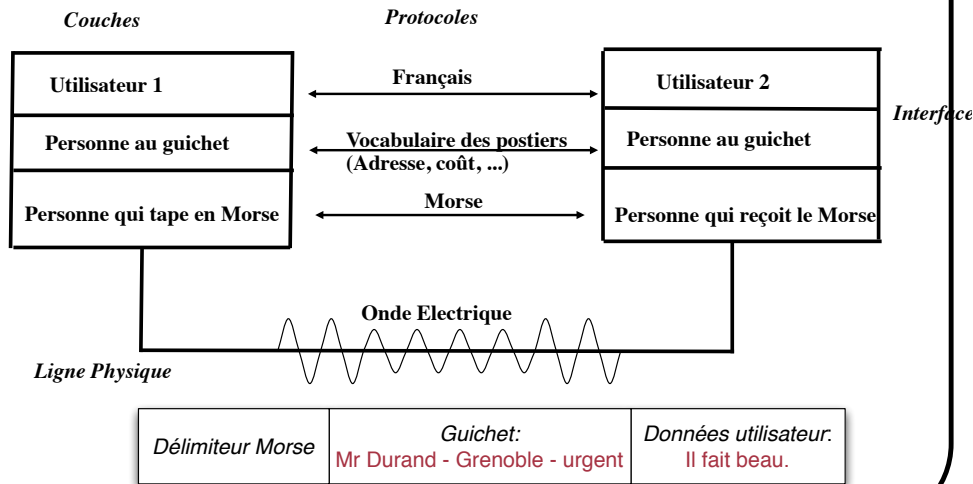
## Architecture en couches

- La couche *i* fournit des services à la couche *i+1* en s'appuyant sur les services de la couche *i-1*
- Deux couches de même niveau (sur deux entités) utilisent un ensemble de règles pour communiquer appelé *protocole*



## EXEMPLE D'ARCHITECTURE EN COUCHE

### • Le télégraphe:



## Architecture des réseaux : Définitions

### • **Service:** Ensemble des fonctions offertes par une ressource

- **Exemple:** couche «personne au guichet»: Envoi d'un télégramme
- Une couche  $i$  utilise les services de la couche  $i-1$  afin de réaliser les services pour la couche  $i+1$

### • **Interface:** Ensemble des règles et des moyens physiques nécessaires pour accéder à un service

- **Exemple:** interface utilisateur/personne au guichet: guichet, papier portant le texte écrit du télégramme, le nom et l'adresse du destinataire
- Interface entre deux couches sur une même entité pour accéder à un service

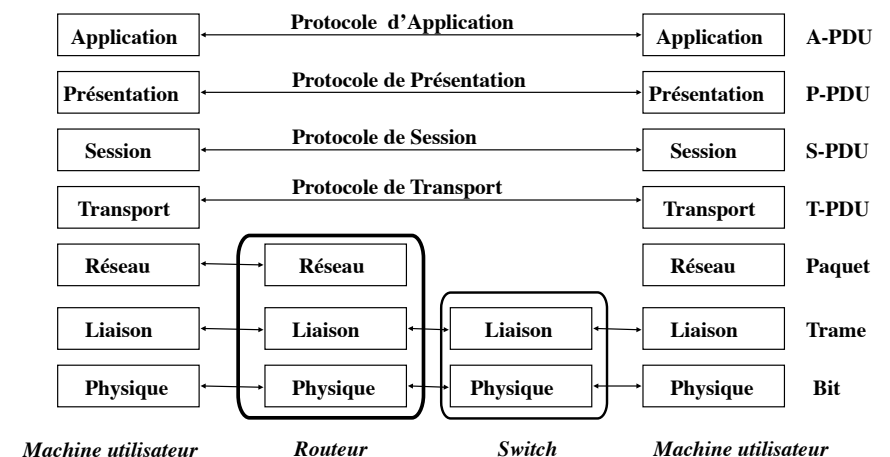
### • **Protocole:** Ensemble de conventions réglant les échanges entre des entités qui coopèrent pour rendre un service

- **Exemples:** le morse pour la couche Morse. Dire au téléphone "allo", attendre un "allo" puis parler est un protocole souvent utilisé
- Protocole entre deux couches de même niveau sur des entités distinctes

## Architecture du réseau

- Norme OSI (Open System Interconnection) composée de 7 couches pour que les protocoles soient universels
- Gros travail qui n'est quasiment pas utilisé mais qui sert de référence (nomenclature et idées)
- D'autres protocoles développés en parallèle se sont imposés par leur utilisation (protocoles actuels utilisés dans Internet)
- Différentes solutions existent pour toutes les couches sauf celle où est défini l'adressage universel
- Grâce à l'indépendance des couches, on peut combiner ces différentes solutions à volonté
- Des incohérences peuvent apparaître : par exemple la détection d'erreur peut être effectuée par plusieurs couches, ce qui est inutile

## Le modèle OSI (Open System Interconnection): l'architecture en couches





## Les couches du modèle OSI

- **Application**
  - C'est le programme qui gère l'application proprement dite
  - Ex: ftp : prendre le fichier sur le disque local et le passer au "réseau"...
- **Présentation**
  - Mise en forme et représentation des informations
  - Exemple: Cryptage, représentation des entiers ...
- **Session**
  - Gestion du dialogue
  - Exemple: synchronisation d'un dialogue (à qui est ce le tour de parler?)
- **Elles sont réunies la plupart du temps en une seule couche: application**
- **Couches "Réseau" proprement dit (acheminement des informations): transport, réseau, liaison de donnée et physique**

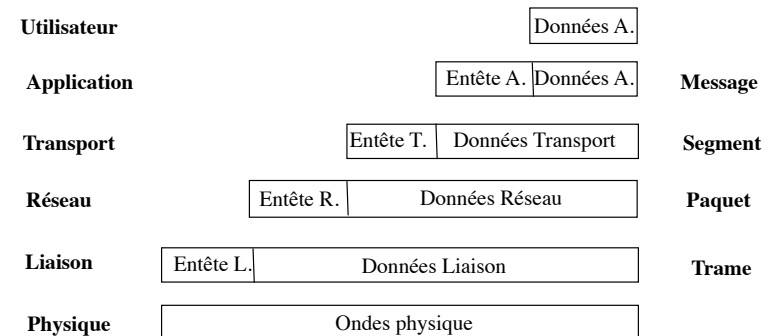
## Les couches du modèle OSI

- **La couche transport**
  - Etablissement et rupture des connexions multiples
  - Dialogue de bout en bout (on ne s'occupe pas des noeuds intermédiaires)
  - Découpage des trames : segmentation/réassemblage
  - Contrôle de flux
  - Contrôle de congestion
- **La couche réseau**
  - Routage des paquets à travers le réseau
  - Segmentation/réassemblage
  - Contrôle de congestion
  - Garantie de qualité de service: débit, taux d'erreur, temps de transport...

## Les couches du modèle OSI

- **La couche liaison de données**
  - \* La mise en paquet de l'information
  - \* La détection et la reprise des erreurs
  - \* Le contrôle de flux visant à asservir la vitesse de l'émetteur à celle du récepteur
- **Sous couche liaison de donnée: le partage des voies physiques à diffusion**
  - \* Partage des voies à diffusion (très utilisé dans les réseaux locaux)  
MAC : Medium Access Control
  - \* Illustration détaillée: Le protocole Ethernet
- **La couche physique**
  - \* Principales caractéristiques des voies physiques
  - \* Passage de l'information binaire aux ondes électriques, ondes lumineuses, ondes radio...
  - \* Traitement du signal

## Principe de l'encapsulation

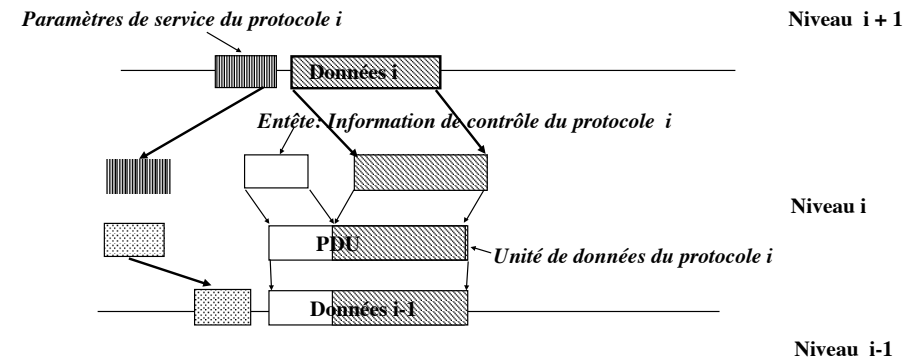


- Indépendance des couches: on doit par exemple pouvoir changer la couche transport sans modifier les couches inférieures
- Une couche i ne s'intéresse pas au contenu des données, elle doit n'utiliser que les informations de son entête pour fournir son service

## Capture d'une trame

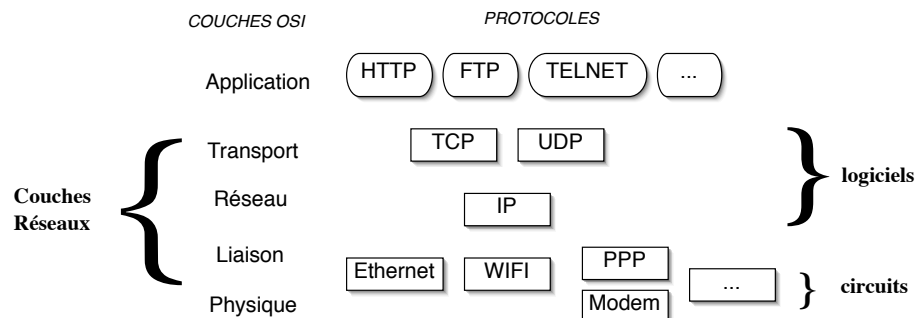
- **Frame 7: 1514 bytes on wire (12112 bits), 1514 bytes captured (12112 bits)**
- **Ethernet II,**  
Destination: SmcNetwo\_5c:9e:fc (00:04:e2:5c:9e:fc)  
Source: Dell\_0f:41:19 (00:19:b9:0f:41:19)  
Type: IP (0x0800)
- **Internet Protocol,**  
Version: 4  
Header length: 20 bytes  
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00)  
Total Length: 1500  
...  
Source: 194.0.0.129  
Destination: 194.0.0.2
- **Transmission Control Protocol,**  
Source port: 59000  
Destination port: 61589  
Sequence number: 2897 (relative sequence number)  
Acknowledgement number: 1 (relative ack number)  
...
- **Data (1448 bytes)**  
...

## Services : mise en oeuvre



- PDU: Protocol Data Unit
- Principe de l'encapsulation: PDU de niveau i: PDU niveau i+1 + entête de niveau i
- Principe inverse à la réception: chaque couche enlève son entête avant de passer les données à la couche supérieure

## Les protocoles de l'Internet

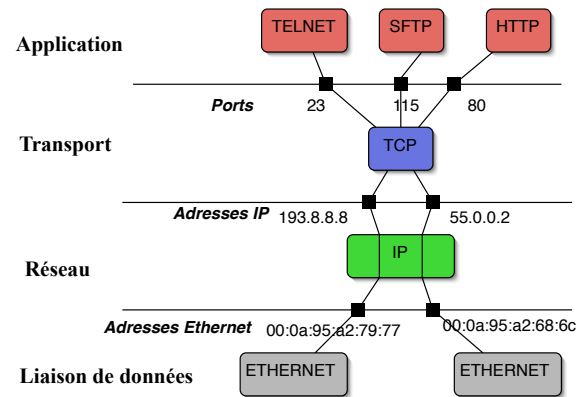


- TCP : Transmission Control Protocol
- UDP : User Datagram Protocol
- IP : Internet Protocol
- PPP : Point to Point Protocol
- WIFI : Wireless Fidelity ?
- Protocoles décrits dans les RFC (Request For Comments) disponible sur le web

## Points d'accès et adresses

- Point d'accès au service ou I-SAP
- Les services fournis par le niveau i sont accessibles aux entités de niveau i+1 en des points appelés I-SAP (Service Access Points du niveau i).
- Chaque SAP possède une adresse qui l'identifie de façon unique.
- Exemple : Les prises de téléphones et numéro, les boîtes postales et les adresses PTT, les cartes et adresses Ethernet ...
- **Chaque niveau à son type d'adresse:**
  - Application: adresse liée à une application. Exemple: adresse électronique pour le mail
  - Transport: **numéro de port** (2 octets)
  - Réseau: **adresse Internet** (4 octets, bientôt 16 octets IPv6)
  - Liaison de donnée: **adresse "physique"**. Exemple: adresse Ethernet (6 octets)

## Adressage



- Numéro de port particulier attribué aux applications “standards” (/etc/services)
- Adresse IP attribuée de façon unique à une “interface réseau” sur une machine
- Adresse physique attribuée de façon unique aux “cartes réseaux”

## La normalisation dans Internet

- **IETF: Internet Engineering Task Force**
  - Groupe informel international ouvert à tout individu qui participe à l’élaboration des Standards d’Internet
  - Centaines de groupes de travail
- **Elaboration des RFCs (Request For Comments)**
  - Proposition puis éventuellement Standards (norme)
  - ~4000 RFCs aujourd’hui
- **Exemple de RFCs devenu des standards**
  - UDP: RFC 768
  - IP: RFC 791
  - ARP : RFC 826
- **Accessibles sur différents site :**
  - <http://graphcomp.com/info/rfc/>
  - <http://www.ietf.org/rfc.html>