

## Réseau

[aurelien.esnard@u-bordeaux.fr](mailto:aurelien.esnard@u-bordeaux.fr)

# Informations Générales

- Code Apogée : 4TIN310U
- Responsable : Aurélien Esnard <[aurelien.esnard@u-bordeaux.fr](mailto:aurelien.esnard@u-bordeaux.fr)>
- Public Étudiants : L2 Info
- Moodle : <https://moodle1.u-bordeaux.fr/course/view.php?id=10861>
- RocketChat : <https://lstinfo.emi.u-bordeaux.fr/wiki/doku.php?id=liste-ub-chat>
- Organisation : 12 CM + 12 séance de 2h40 (TD/TM ou TM/TM)
- MCCC : Contrôle Continu Intégral (6 ECTS)
  - pas de seconde session !
- Evaluation (non contractuelle, encore à discuter..)
  - Rapports TPs : 10% (individuel)
  - Diverses Activités Moodle : 10%
  - Projet : 25%
  - TP Noté : 25% (sem. 46, vendredi à 14h00 au CREMI)
  - DST : 30%

# Organisation des Séances (2022-2023)

Sem.	12 CM (1h20)	12 séances de TD/TP (2h40)	
36	CM01 - Introduction		
37	CM02 - Introduction	TD01 - Débit et Latence	TP01 - Commandes de Base
38	CM03 - Couche Réseau	TD02 - Réseau et Sous-Réseau	TP02 - Configuration d'un LAN
39	CM04 - Couche Réseau	TD03 - Analyse de Trames	TP03 - Wireshark
40	CM05 - Couche Transport	TD04 - Contrôle d'Erreur	TP04 - Scapy
41	CM06 - Couche Application	TP05 - Socket (client)	TP05 - Socket (client)
42	CM07 - Prog. Socket	TP05 - Socket (serveur)	TP05 - Socket (serveur)
43	CM08 - Couche Basse	TP06 - Socket (chat)	TP06 - Socket (chat)
44	Vacances		
45	Semaine OP2		
46	CM09 - Couche Basse	Projet	Projet
47	CM10 - Routage	TP07 - Routage	???
48	CM11 - Firewall	TP07 - Firewall	TP08 - Sécurité
49	CM12 - Sécurité	TP09 - Techno Web	TP09 - Techno Web
50		???	???

## Introduction

# Un peu d'Histoire...

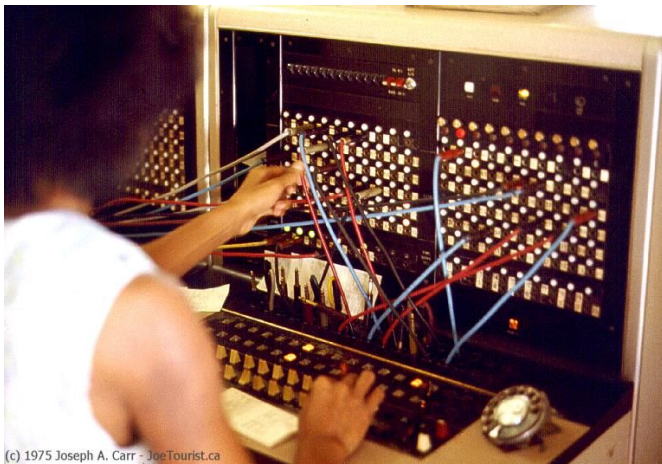
- 1832 – télégraphe électrique de Morse
- 1876 – invention du téléphone par Graham Bell
- 1948 – invention du transistor
- 1955 – premier réseau commercial pour American Airline réalisé par IBM (1200 téléscripateurs, infrastructure centralisé)
- 1956 – premier câble téléphonique transocéanique



*American Airline. Source : Wikipedia*

# Un peu d'Histoire...

- 1958 – premier Modem (transfert binaire sur ligne téléphonique)
- 1961 – théorie sur la commutation de paquet (L. Kleinrock, MIT)
- 1962 – satellite Telstar1 (première liaison de télévision transocéanique)
- 1969 – premier pas de l'homme sur la lune (en direct)
- 1979 – premier réseau mondial de transmission de données par paquets X.25 ouvert au public (réseau **Transpac** en France)
- 1981-2012 – **Minitel** en France, basé sur Transpac (modem 1200 bits/s)



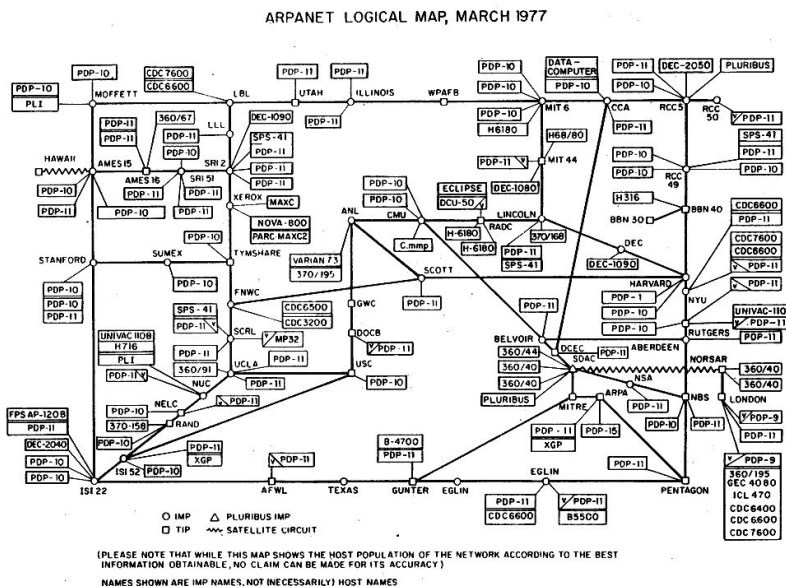
(c) 1975 Joseph A. Carr - JoeTourist.ca



Minitel 1B. Source : Wikipedia

# Un peu d'Histoire...

- 1959-1968 – programme ARPA (DoD)
- 1969 – **Arpanet**, basé sur le protocole NCP
- 1971 – **Cyclades**, un Arpanet français à base de datagramme (Louis Pouzin)
- 1973 – première publication sur TCP/IP (Vinton Cerf & Bob Kahn)
- 1983 – naissance d'**Internet** sur la base Arpanet qui adopte TCP/IP
  - mail, newsgroup, telnet, ...



Arpanet map. Source : Wikipedia

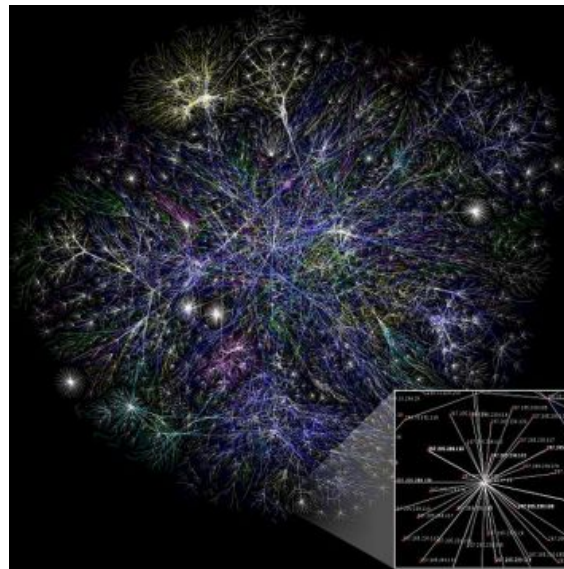


Arpanet en 1974. Source : Wikipedia

# Internet

**Internet** : réseau informatique mondial, résultant de l'interconnexion d'une multitude de réseaux informatiques à travers la planète, unifiées grâce au protocole IP. [1983]

**Protocole réseau** : un protocole définit de manière formelle et interopérable l'échange des informations entre ordinateurs.



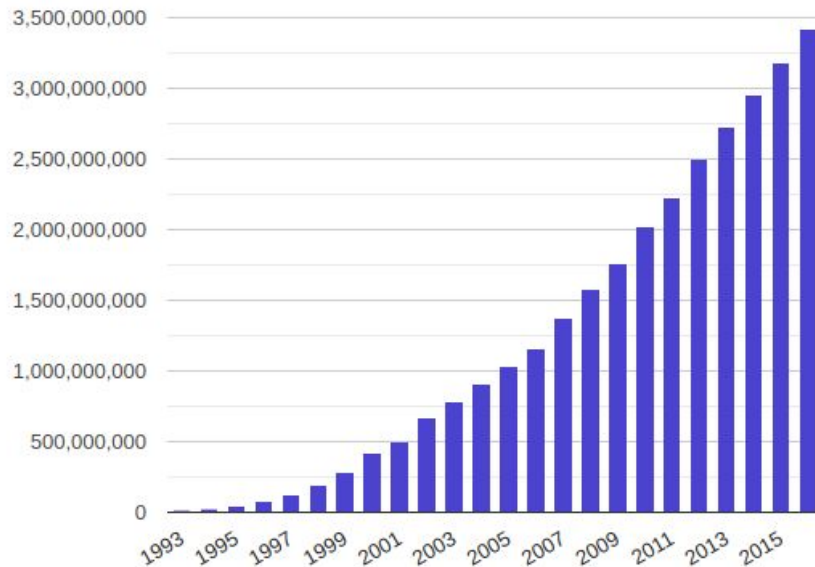
Source : Wikipedia



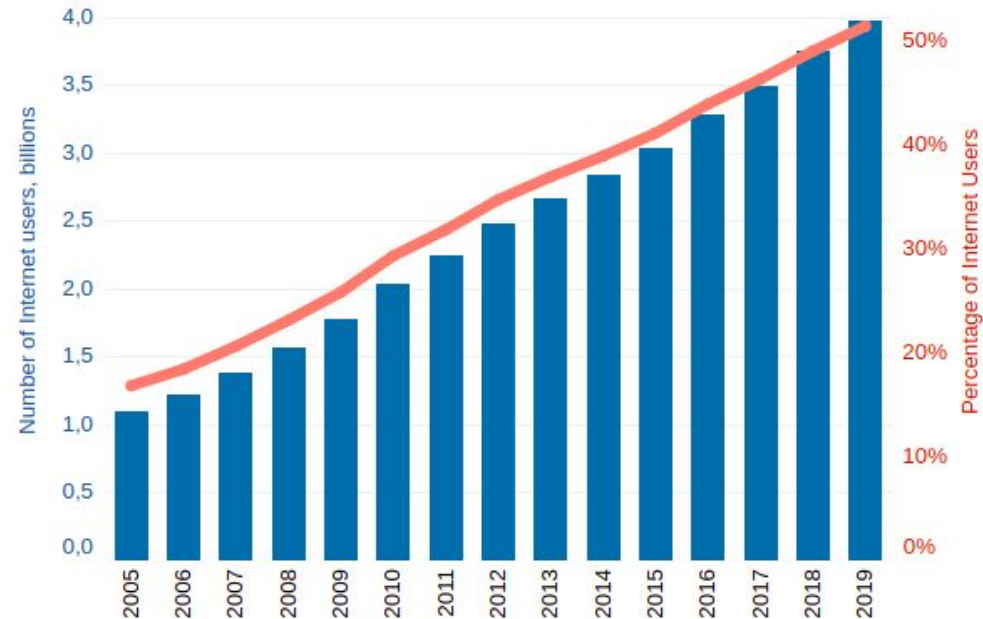
# Internet

- 1990 – démocratisation d'Internet (invention du web)
- 1990-2000 – ouverture au grand public avec les FAI (ou ISP)
- 2005 – 1 milliard d'internautes
- 2010 – 2 milliard d'internautes
- 2020 – aujourd'hui, 4.8 milliard d'internautes !!!

Internet Users in the World

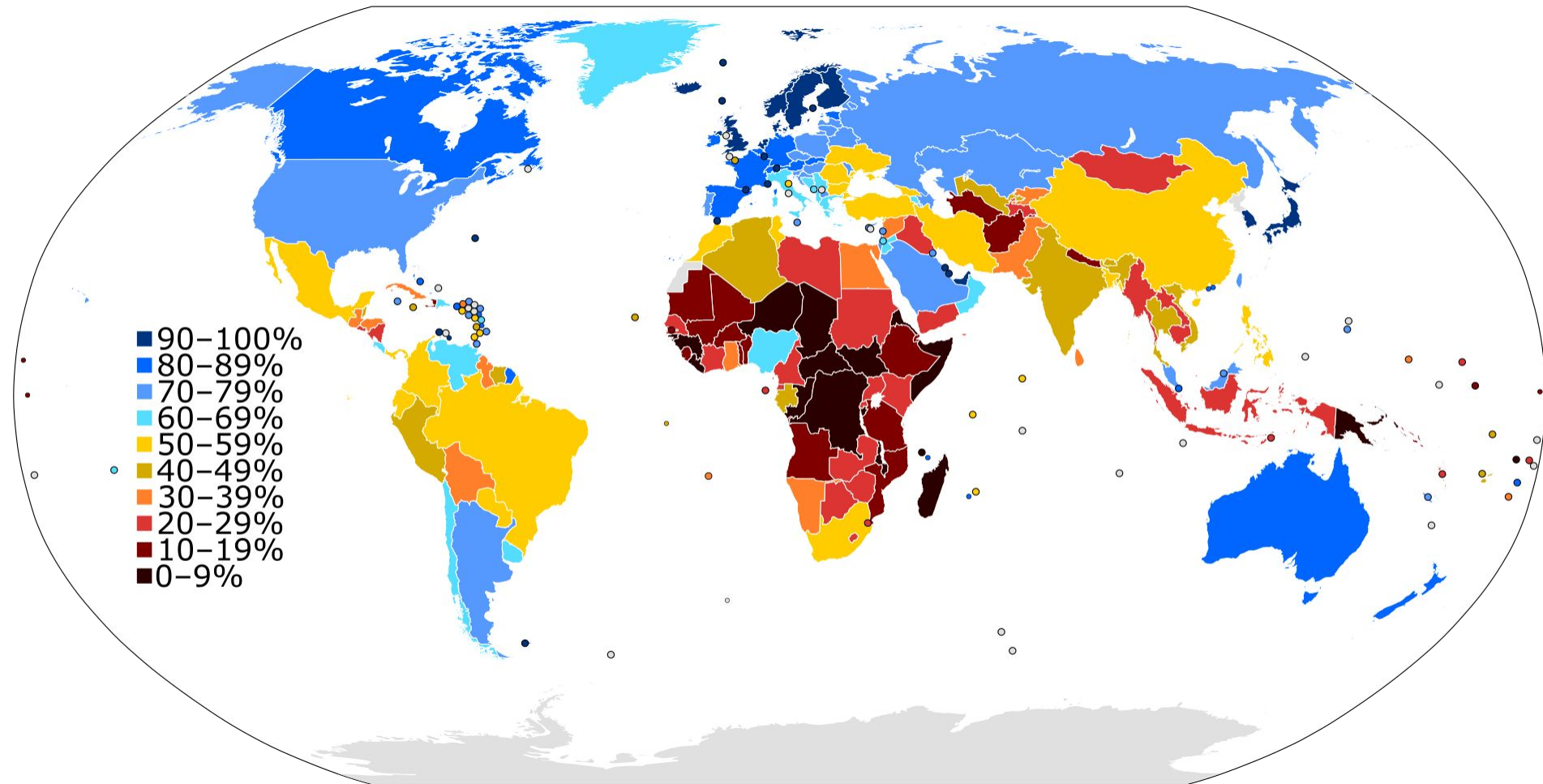


Source : <https://www.internetlivestats.com>



Source: ITU

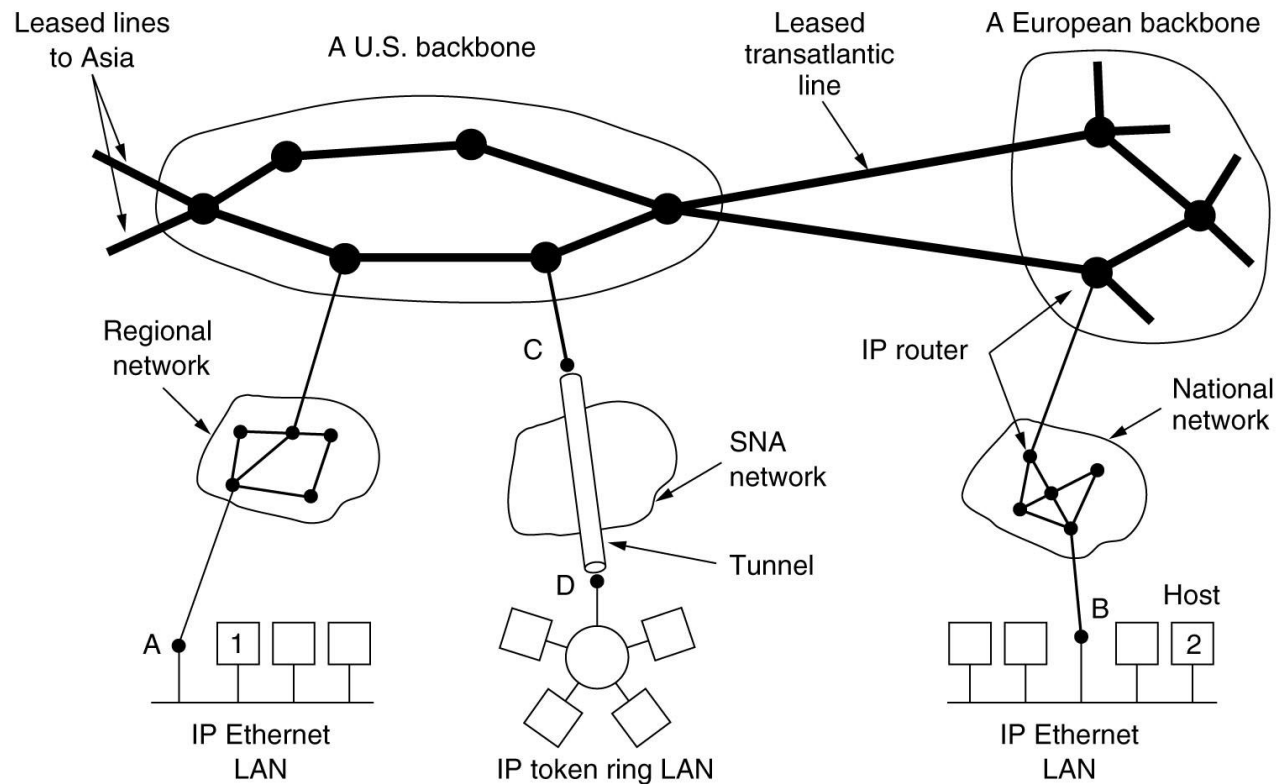
# Accès à Internet dans le Monde



*Internet users in 2015 as a percentage of a country's population.*  
Source: International Telecommunications Union.

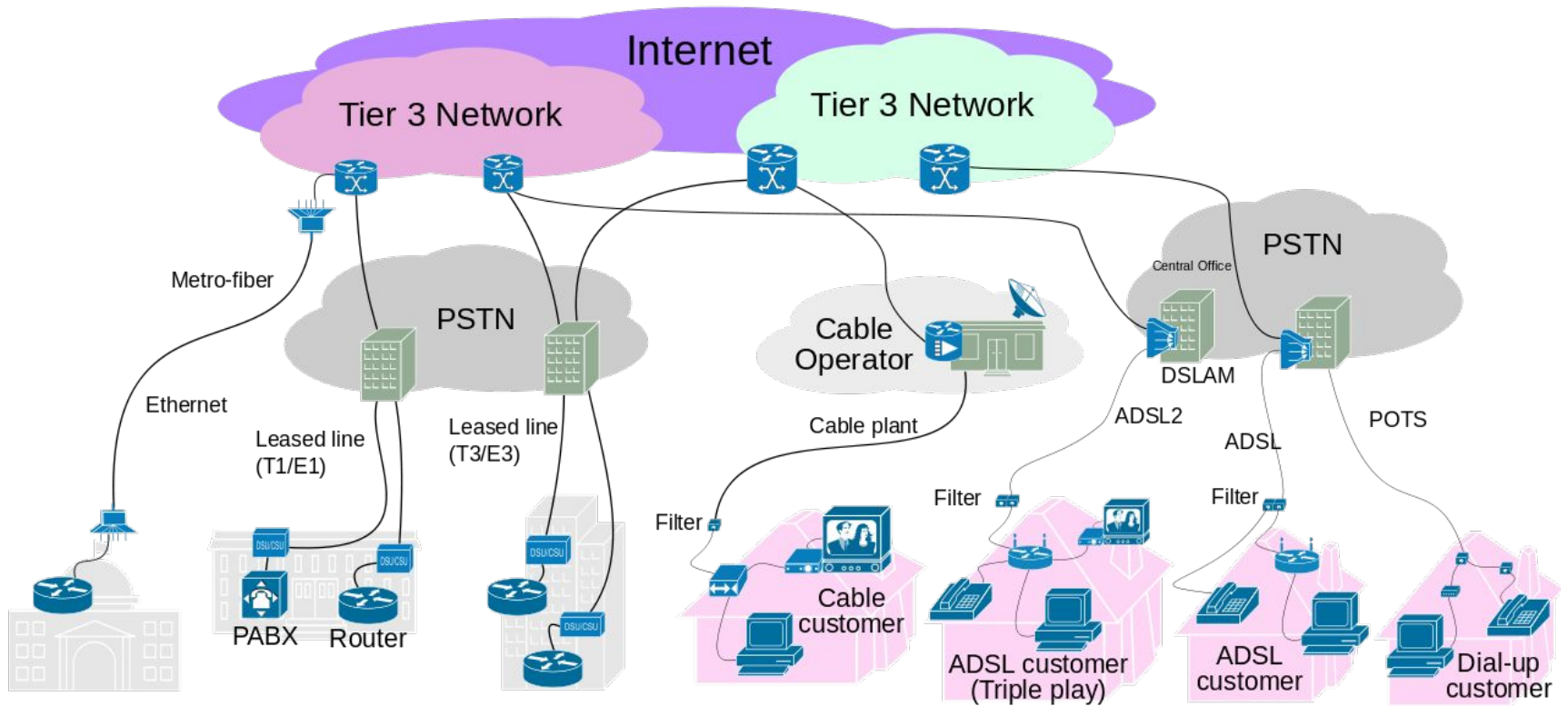
# Internet

Interconnexion de multiples réseaux hétérogènes et distants...

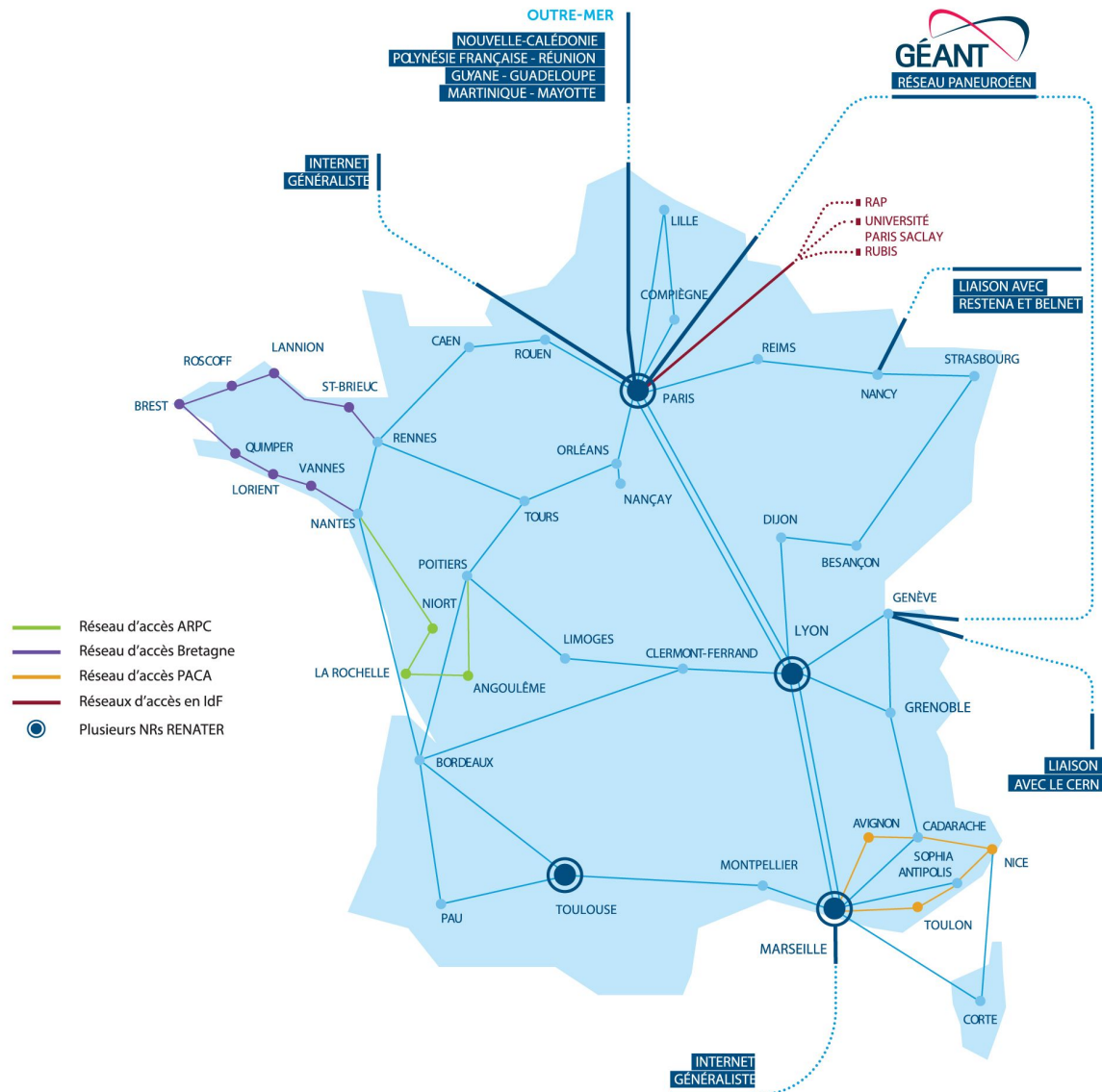


# Internet

Une structure hiérarchique...



# Exemple de Renater

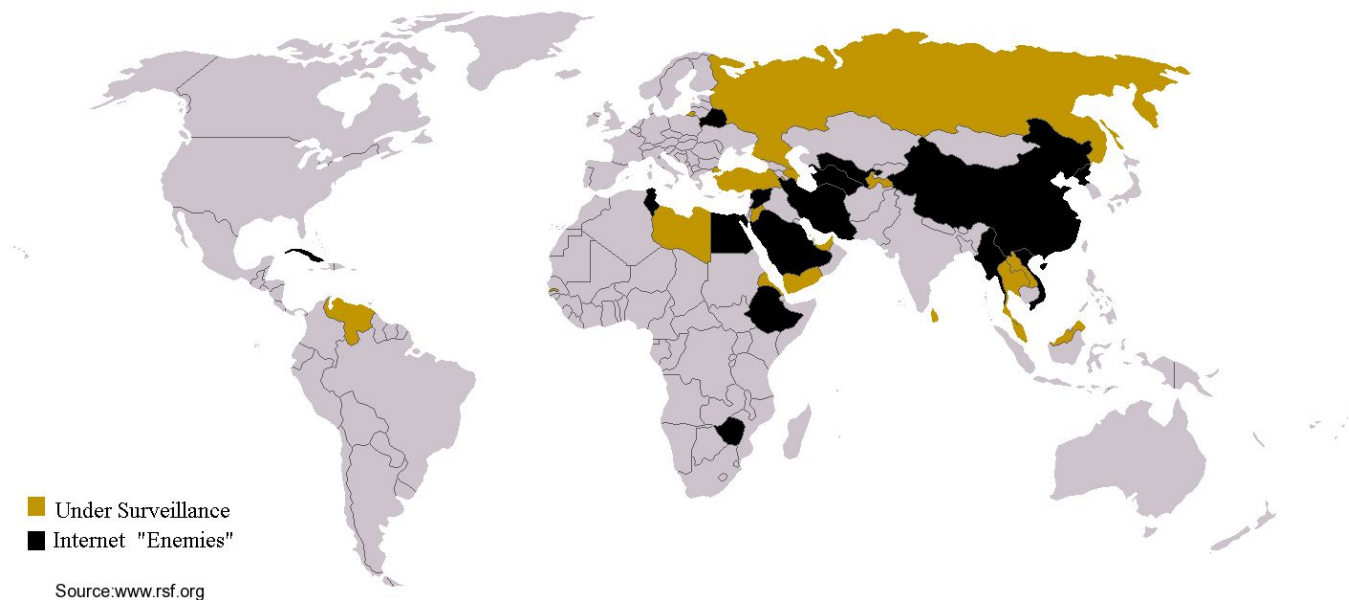


# La Gouvernance d'Internet

Plusieurs organismes en charge de la gestion d'Internet : ICANN, IETF, ISOC

- élaboration des standards techniques,
- attribution des noms de domaines,
- attribution des blocs d'adresses IP,
- attribution des numéros de d'AS (Autonomous System).

→ Garantir la neutralité du réseau et la libre circulation de l'information.





# Web

**Web** (ou la toile) : l'ensemble des hyperliens (ou liens hypertextes) qui relient les pages web entre elles. [1990]

*Ne pas confondre Internet et le Web, qui est un des nombreux services Internet !*



Premier serveur Web, Tim Berners-Lee au CERN . Source : Wikipedia

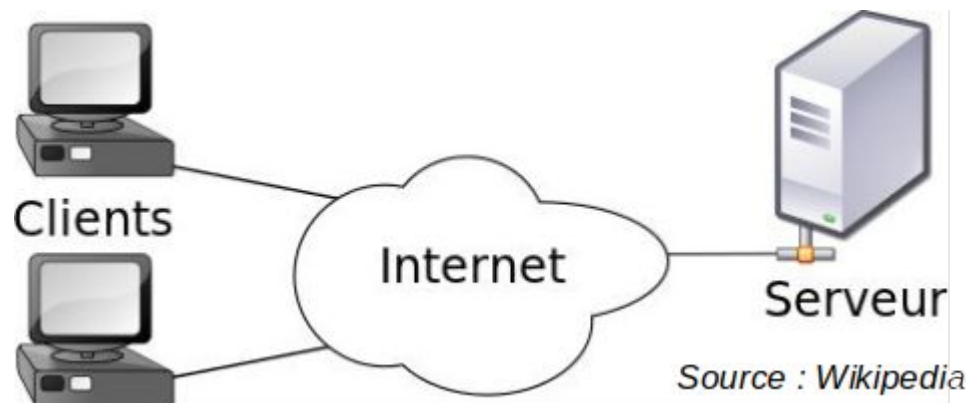
# Web

**Serveur Web** : ordinateur qui contient les ressources du Web (pages, media, ...) et les met à disposition sur Internet.

- Ex. : [www.google.com](http://www.google.com), [fr.wikipedia.org](http://fr.wikipedia.org), ...

**Navigateur Web** : logiciel (client du serveur Web) permettant de consulter les ressources du Web.

- Ex. : Internet Explorer, Firefox, Chromium, ...





# Web

**HTTP** (HyperText Transfert Protocol) : protocole de transfert des pages HTML permettant de naviguer sur le Web (HTTPS pour la version sécurisée).

**HTML** (Hypertext Markup Language) : langage à balise pour représenter les pages Web (mise en forme, liens hypertextes, ressources multimédias, ...).

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//IETF//DTD HTML 2.0//EN">
<html>
  <head>
    <title>
      Exemple de HTML
    </title>
  </head>
  <body>
    Ceci est une phrase avec un <a href="cible.html">hyperlien</a>.
    <p>
      Ceci est un paragraphe où il n'y a pas d'hyperlien.
    </p>
  </body>
</html>
```

# Moteur de Recherche

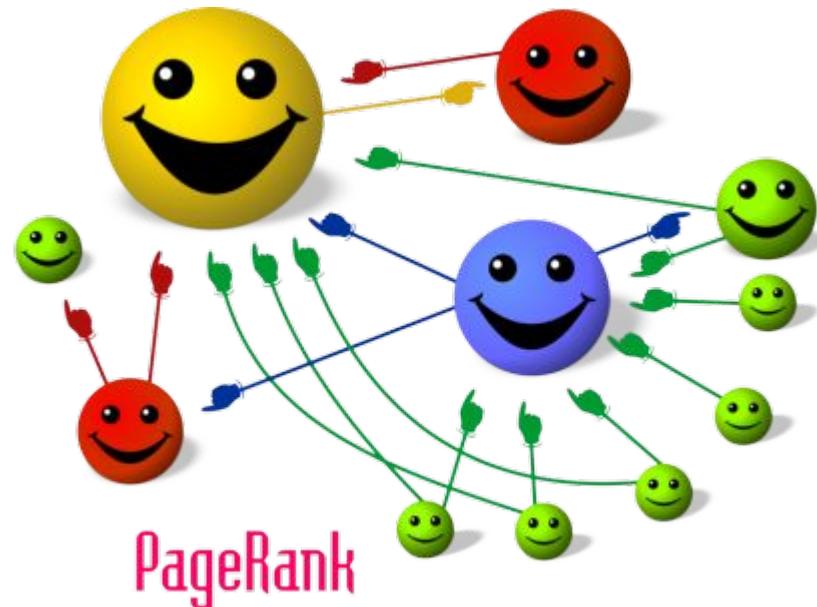
**Moteur de recherche** : outil permettant de retrouver des pages Web à partir d'une requête

- Ex. : Google, Bing, Qwant, ...

**Indexation automatique** : les pages du Web sont parcourues automatiquement par un « robot » et analysées pour en extraire des mots-clés significatifs.

**Ordre des réponses** : il dépend de l'adéquation des mot-clefs et de la popularité de la page web :

- nombre de liens vers la page (PageRank de Google)
- les clics des utilisateurs sur la page de réponse



Source : Wikipedia

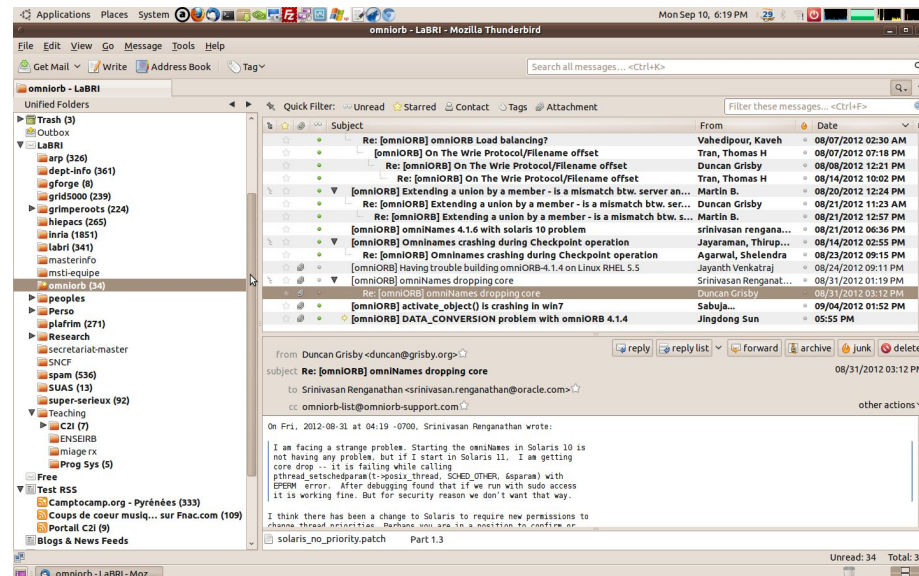
# Messagerie Electronique

**Messagerie électronique** : outil permettant d'échanger des messages (courriel ou mail) de manière asynchrone par l'intermédiaire d'une boîte à lettres électronique identifiée par une adresse électronique.

**Adresse électronique** : prenom.nom@etu.u-bordeaux.fr

**Client de messagerie** local ou application webmail

- Ex. : Thunderbird, Outlook, ... vs Gmail, Yahoo!, ...

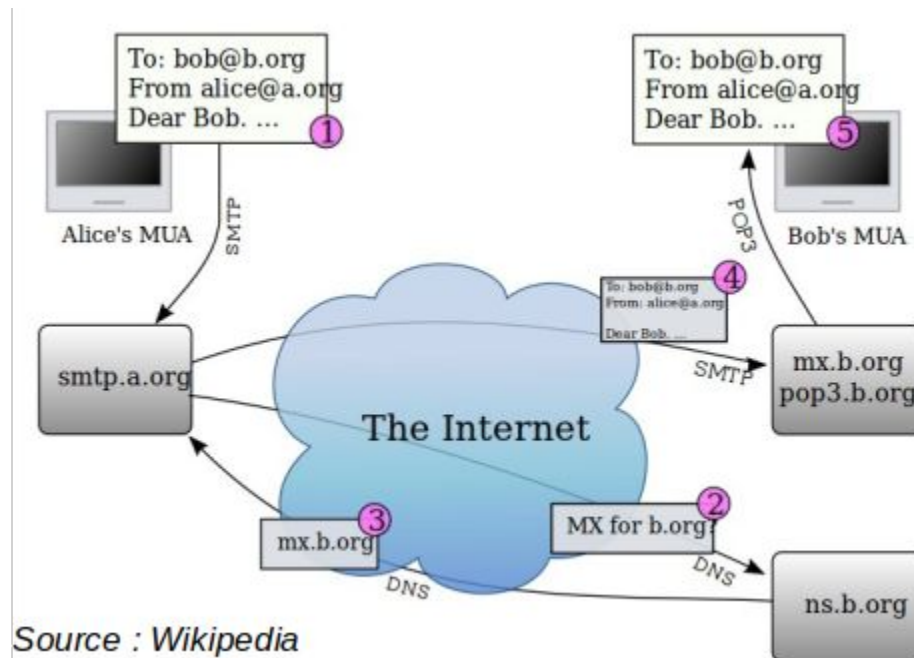


# Messagerie Electronique

## Principe d'acheminement d'un courriel

**Envoi** : lorsqu'un expéditeur envoie un courriel, son ordinateur soumet une requête au serveur sortant (SMTP), qui l'achemine vers le serveur entrant du destinataire

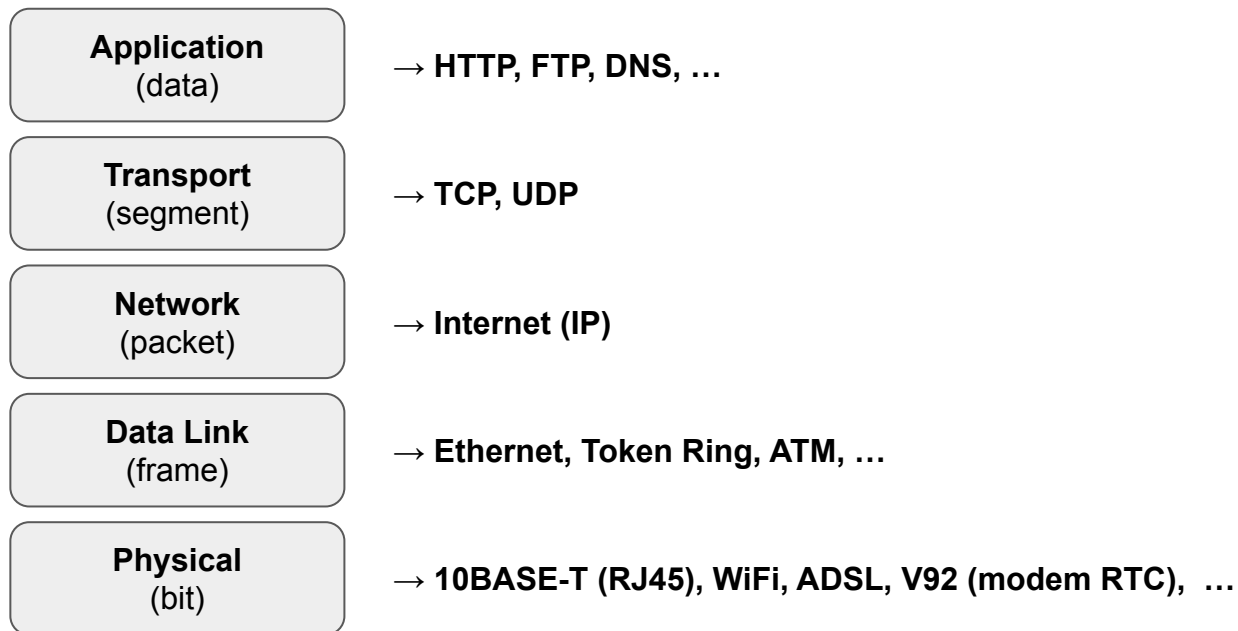
**Réception** : lorsqu'un destinataire relève ses courriels, ils sont téléchargés sur son ordinateur depuis le serveur entrant (POP3 ou IMAP)



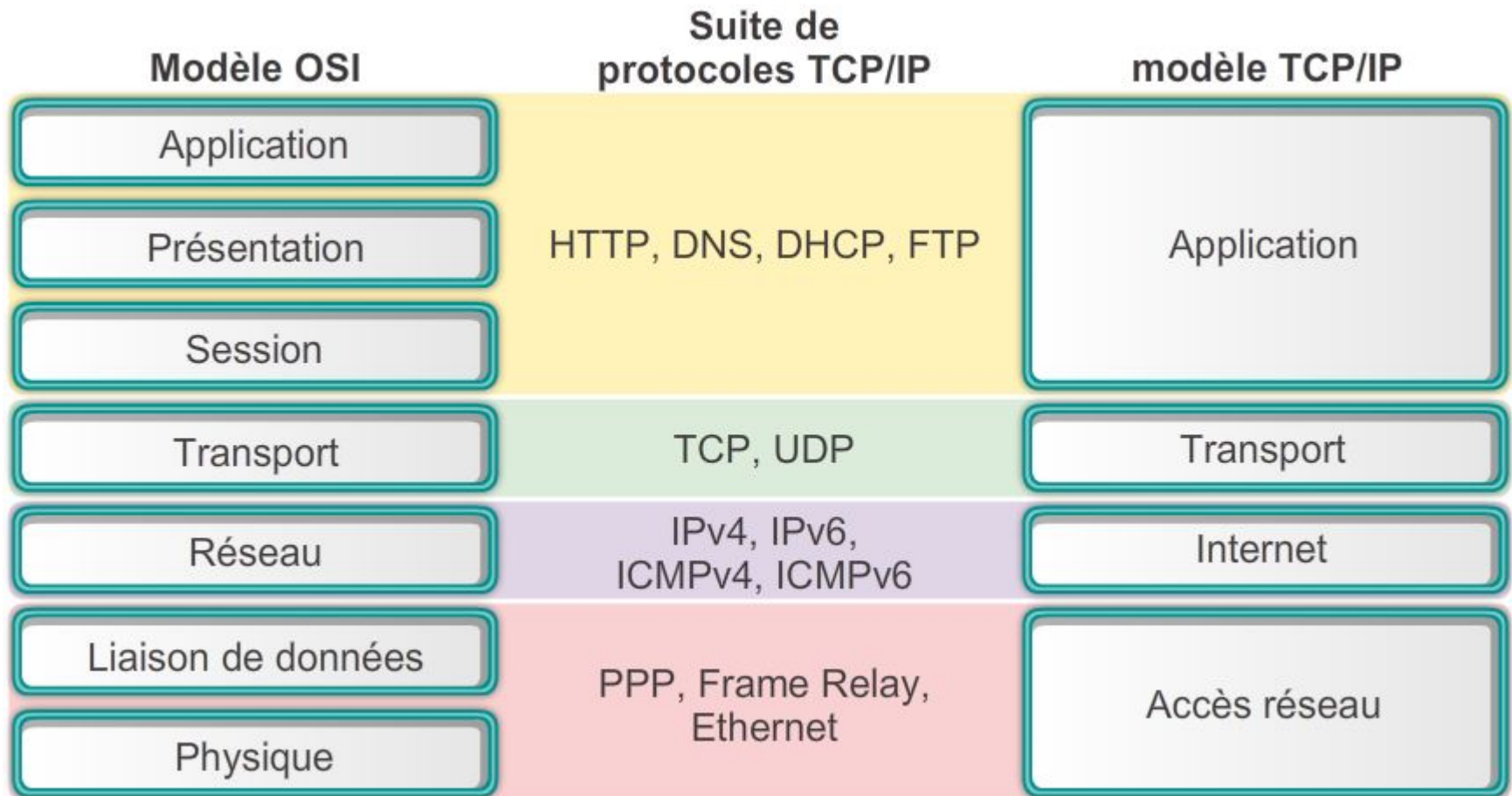
# Notion de Protocole

**Protocole** : Spécification de plusieurs règles pour communiquer sur une même couche d'abstraction entre deux machines.

## Modèle en Couche OSI (simplifié)



# Modèle OSI vs TCP/IP



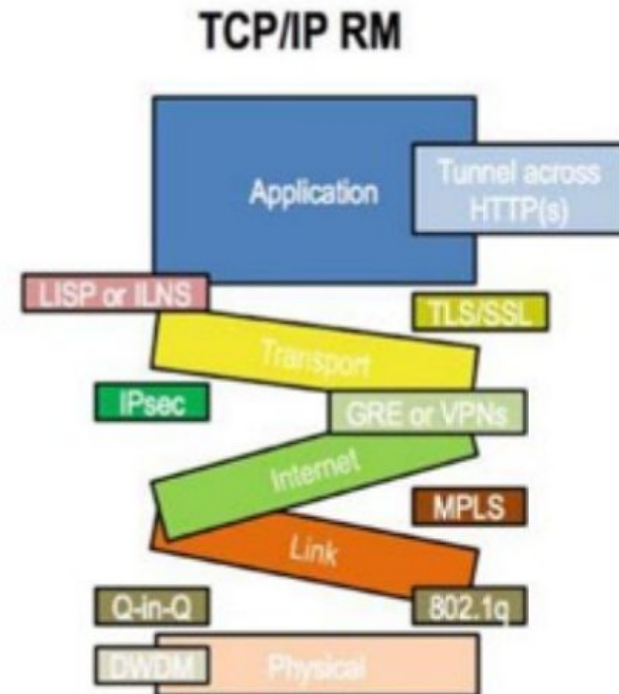
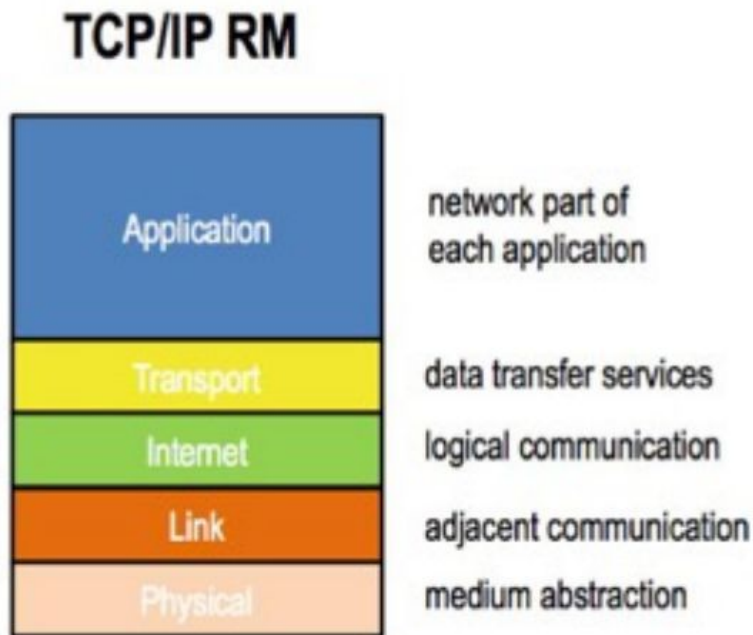
Source : <https://linux-note.com/modele-osi-et-tcpip/>

# Modèle en Couche OSI

1. **Couche physique** (physical layer) : transmission effective des signaux entre les interlocuteurs ; service typiquement limité à l'émission et la réception d'un bit ou d'un train de bit continu.
2. **Couche liaison de données** (datalink layer) : communications entre deux machines adjacentes, i.e. directement reliés entre elle par un support physique.
3. **Couche réseaux** (network layer) : communications de bout en bout, généralement entre machines (adressage logique et routage des paquets).
4. **Couche transport** (transport layer) : communications de bout en bout entre programmes (UDP, TCP).
5. **Couche session** (session layer) : synchronisation des échanges et transaction, permet l'ouverture et la fermeture de session.
6. **Couche présentation** : codage des données applicatives, et plus précisément conversion entre données manipulées au niveau applicatif et chaînes d'octets effectivement transmises
7. **Couche application** : point d'accès aux services réseaux ; non spécifiée.

# De la Théorie à la Réalité...

Evolution du modèle TCP/IP, de patch en patch, 50 ans plus tard !



Source : Louis Pouzin

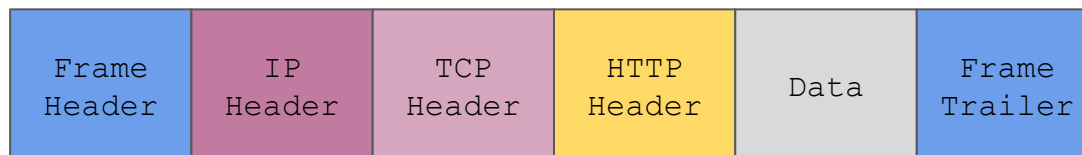


# Exemple du Protocole HTTP

En pratique, plusieurs niveaux d'interactions...

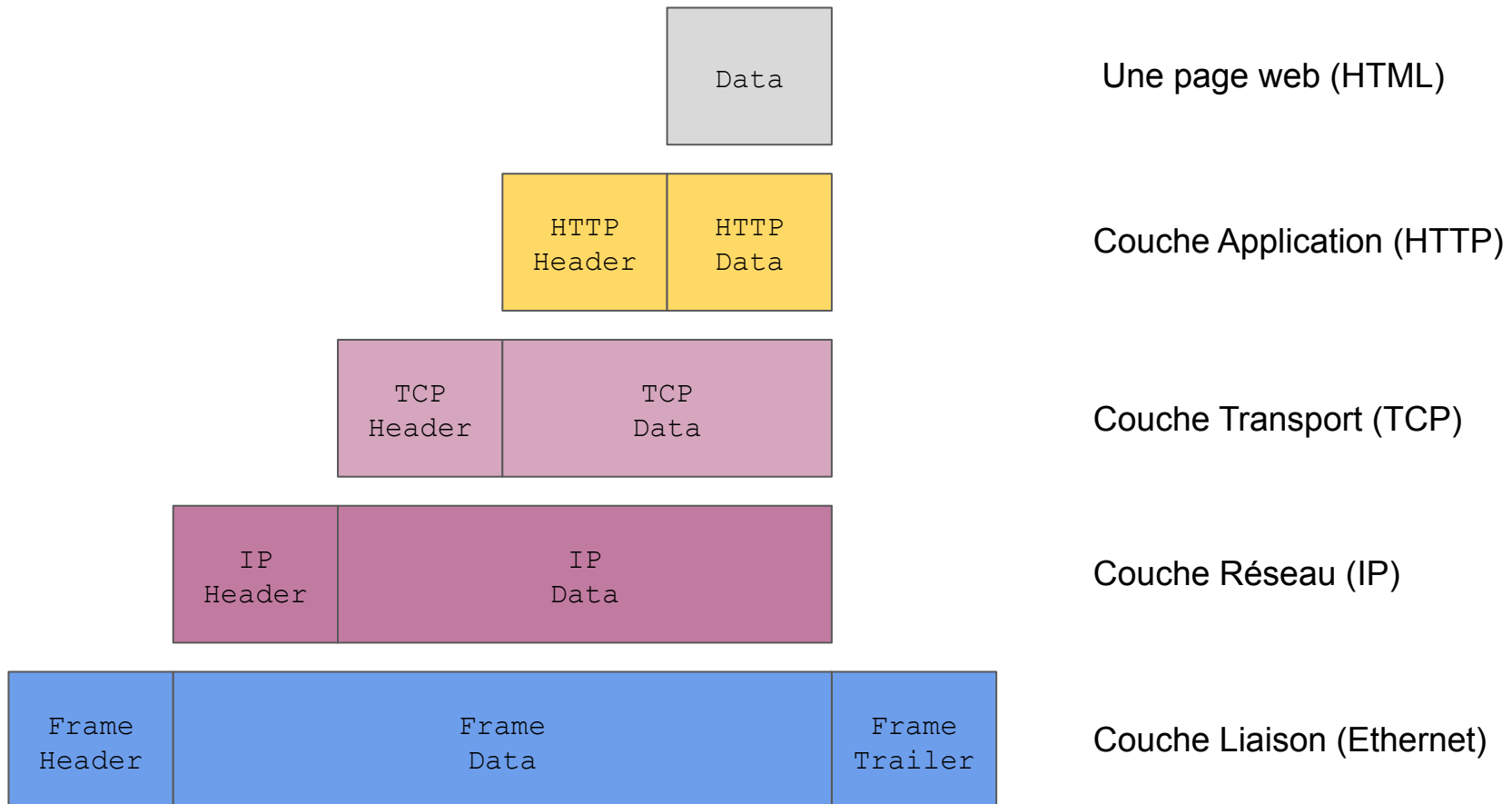
- le niveau de l'application : le client clique sur un lien, le serveur renvoie une page web
- le niveau des messages : le client envoie un message contenant une URI, le serveur renvoie un message contenant un fichier HTML
- le niveau des paquets : le message du client est découpé en paquets, les différents routeurs du réseau les acheminent vers le serveur (idem pour le retour)
- le niveau de la transmission des bits : pour envoyer les paquets, chaque bit (0 ou 1) est transmis comme un signal électrique sur une ligne.

Chaque niveau utilise les fonctions du niveau inférieur.



# Exemple du Protocole HTTP

## Encapsulation des protocoles...



# Débit et Latence

**Débit** : nombre de bits que le réseau peut transporter par seconde...

- asymétrie : débit montant (*upload*) & débit descendant (*download*)

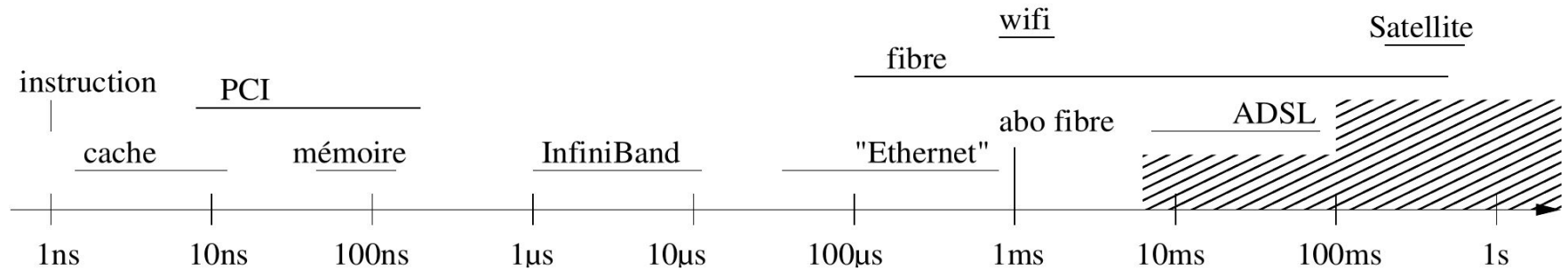
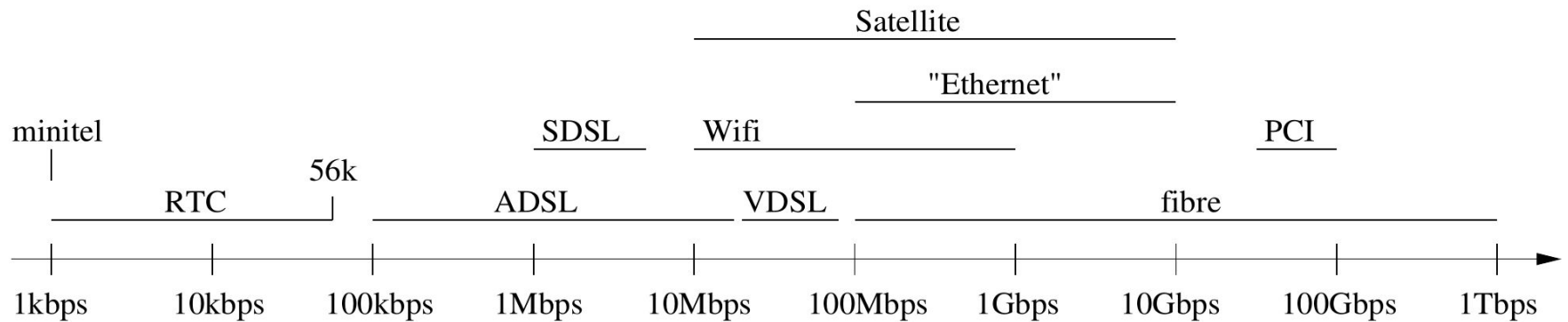
**Latence** : nombre de secondes que met le premier bit pour aller de la source à la destination...

## Quelques exemples de débits (en bit/s)

- modem RTC 56K, ADSL (1M à 8M), FTTH (1G)
- Ethernet (10M, 100M, 1G, 10G), ATM (155M), FDDI (100M), ...
- sans-fil : IEEE 802.11 (11M à 54M)
- GSM : 3G (144K-1,9M), EDGE (64k-384k), 3G+ (3,6M, 14,4M), 4G (100M-1G), 5G (10G) ...

**Nota Bene** : 1Ko =  $10^3$  octets et non  $1024 = 2^{10}$  !

# Débit et Latence





## Exercice : *Sneakernet*

On souhaite transférer 4 Go de données entre deux villes distantes de 100 km. Plusieurs moyens de transfert sont envisagés :

1. Un pigeon voyageur portant un carte microSD, volant à une vitesse de 60 à 110 km/h selon la direction du vent ;
2. Le réseau Internet avec ligne ADSL2 ayant un débit descendant de 8Mbit/s et montant de 1 Mbit/s.

Calculez le débit du *pigeon* ? Quel moyen de transfert est le plus performant ?



## Correction

Le pigeon va mettre au plus  $100 \text{ km} / (60 \text{ km/h} / 3600 \text{ s/h}) = 6000 \text{ s}$  pour transporter  $4 \text{ Go} = 4\,000 \text{ Mo} = 32\,000 \text{ Mbit}$ , ce qui nous donne un débit de  $32\,000 \text{ Mbit} / 6000 \text{ s} = 5.33 \text{ Mbit/s}$ ...

Le transfert en ADSL est limité par le débit montant qui est de  $1 \text{ Mbit/s}$ ... Le pigeon voyageur est donc 5 fois plus rapide que l'ADSL2.

Ceci a été réellement expérimenté !

<https://en.wikipedia.org/wiki/Sneakernet>



*Sneakers*

# Les Outils pour le Réseau

Les outils de base sous Linux & Windows...

Description	Linux	Windows
Afficher toutes les interfaces réseaux	ifconfig -a	ipconfig /all
Tester si la machine d'adresse <ip> est vivante	ping <ip>	ping <ip>
Afficher l'état des connexions réseaux (TCP)	netstat -tapn	netstat
Afficher la table ARP (correspondance des adresses IP / Ethernet)	arp -n	arp -a
Afficher la table de routage	route -n	route print
Afficher le chemin que va suivre un paquet IP pour atteindre la machine <ip>	tracert <ip>	tracert <ip>
Ouvrir une connexion TCP vers la machine <ip> (port <port>) et lire/écrire des caractères	netcat <ip> <port>	ncat <ip> <port>
Outil d'exploration réseau avec de nombreuses possibilités...	nmap <...>	nmap <...>
Obtenir l'adresse IP d'une machine à partir de son nom <name> en interrogeant le serveur DNS	nslookup <name>	nslookup <name>
Afficher le trafic réseau associé à toutes (any) les interfaces réseaux	tcpdump -i any -n	