

# Introduction aux réseaux de communication

C. Pham  
Université de Pau et des Pays de l'Adour  
Département Informatique  
<http://www.univ-pau.fr/~cpham>  
Congduc.Pham@univ-pau.fr



---

---

---

---

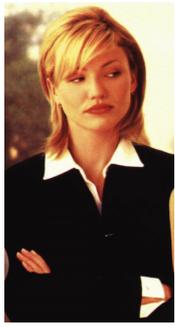
---

---

---

---

## Le besoin de communiquer



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

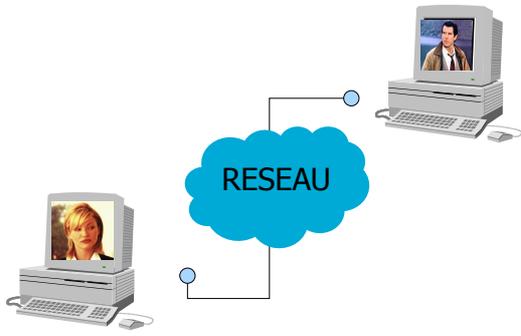
---

---

---

---

## Ce qui nous intéresse...



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

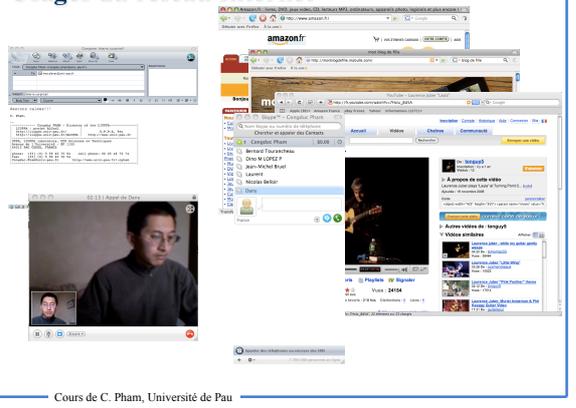
---

---

---

---

## Usages du réseau Internet



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

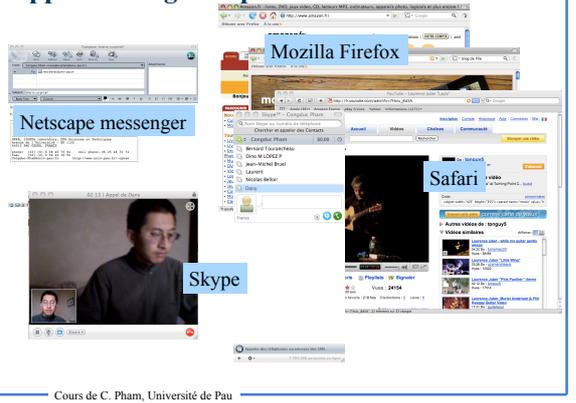
---

---

---

---

## Applications grand public



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

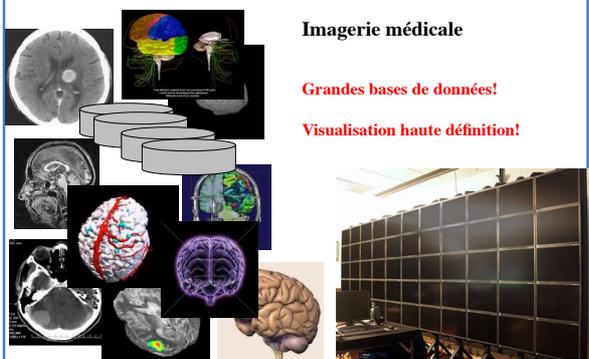
---

---

---

---

## Applications scientifiques: imagerie



**Imagerie médicale**

**Grandes bases de données!**

**Visualisation haute définition!**

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Applications scientifiques: calculs

### ■ Grilles de calcul

- Fédérer un grand nombre de sites de calcul scientifique pour construire un super-calculateur virtuel à l'échelle de la planète. Reculer les limites de la compréhension humaine: physique des haute-énergie (EU DataGrid), séquençage du génome, simulations numériques de réaction nucléaire, recherche de vie extra-terrestre (seti@home)...



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Base de données et Data-center: ex. Google



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Data Centers, Réseaux et Réseaux Sociaux



<http://www.datacentermap.com/>

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

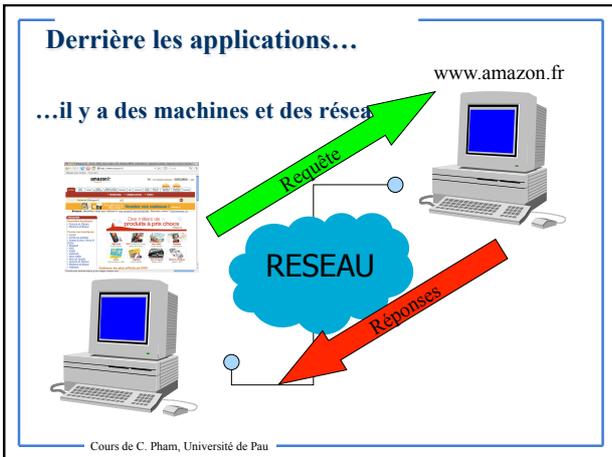
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### Les réseaux que vous connaissez...

- **Quels réseaux cotoyez-vous au quotidien?**
- **Quels appareils met-on en réseau?**
- **Accès réseaux chez vous? Lesquel?**
- **Les sigles/techno que vous connaissez/avez entendu?**
- **Qui a déjà configuré un réseau chez lui?**

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

### ...les réseaux que vous connaissez

- **Quels réseaux cotoyez-vous au quotidien?**
  - Internet, GSM (téléphone mobile), RTC (téléphone fixe), WiFi, radio, télévision
- **Quels appareils met-on en réseau?**
  - Des ordinateurs, des téléphones portables (smartphones), des playstations et autres, des satellites, des distributeurs d'argent, des lecteurs de cartes bleues, des véhicules, ...
- **Accès réseaux chez vous? Lesquel?**
  - Modem 56k (obsolète), ADSL, WiFi, câble, fibre
- **Les sigles/techno que vous connaissez/avez entendu?**
  - WWW, ADSL, TCP, IP, DNS, HTTP, POP, IMAP, SMTP, WiFi, Wimax, Proxy, GSM, GPRS, EDGE, HSPA, 3G+, 4G, Mobile TV,...
- **Qui a déjà configuré un réseau chez lui?**
  - Windows, Windows Mobile, Mac OS X, Linux, palmOS

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

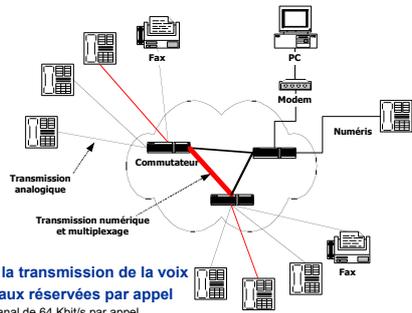
---

---

---

---

## Réseau Téléphonique Commuté (RTC)



- Spécialisés pour la transmission de la voix
- Ressources réseaux réservées par appel
  - commutation - 1 canal de 64 Kbit/s par appel
  - multiplexage en fréquence/temporel du lien

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

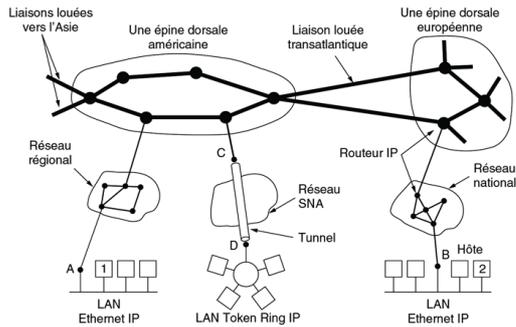
---

---

---

---

## Réseaux de l'Internet



**l'Internet, c'est plein de réseaux connectés !**

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

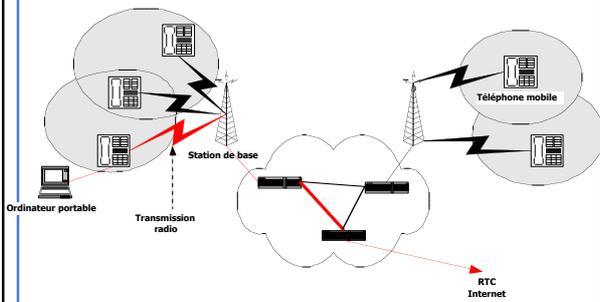
---

---

---

---

## Réseaux sans fil



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

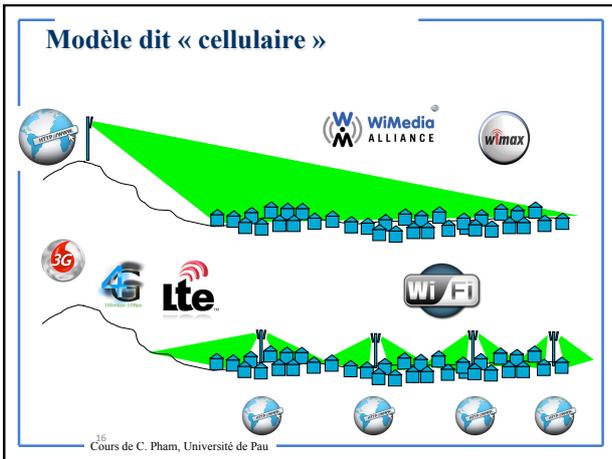
---

---

---

---

---




---

---

---

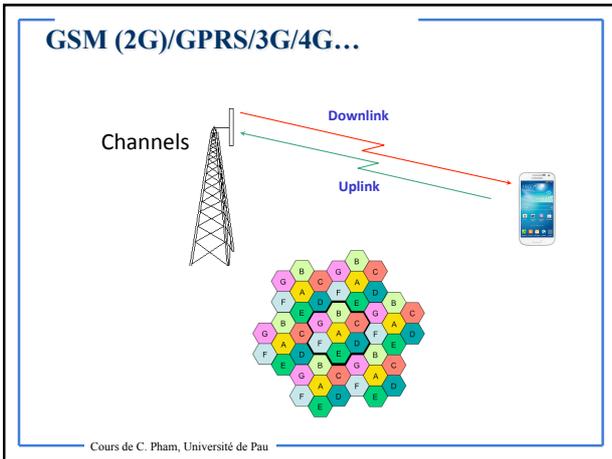
---

---

---

---

---




---

---

---

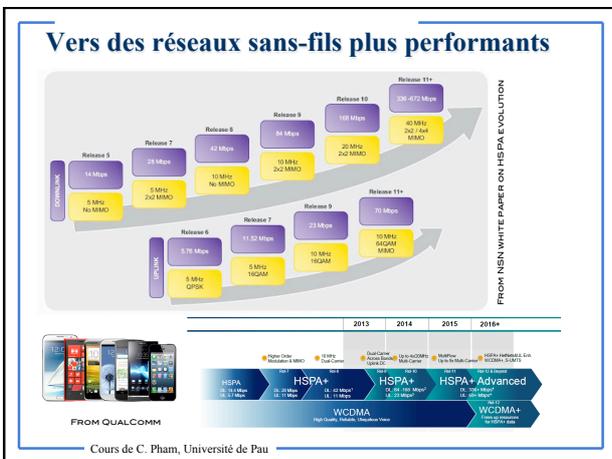
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---



## De plus en plus d'entités communicantes!!



Cours de C. Pha

---

---

---

---

---

---

---

---

## Smart phones



© Statista - IQ Mobile Research Division, 32PP Release 11.8, Release 12 and Beyond / February 2014

Global Mobile Device Growth by Type



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

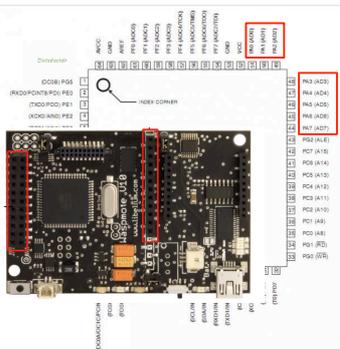
---

## Capteurs, micro-contrôleur vs micro-processeur



Input voltage between 0 and Vref (e.g. 3.3V). ADC usually have 10-bit resolution.

0 is for 0V  
1014 is for 3.3V



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Réseaux de Capteurs et Objets Communicants

### ■ Capteurs et Réseaux de Capteurs:



### ■ Objets communicants



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

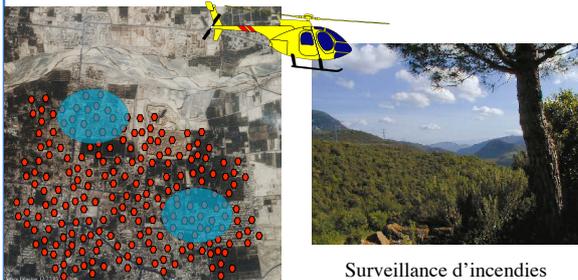
---

---

---

---

## Application environnementale/surveillance gestion de crises



Organisation des secours  
en cas de catastrophes

Surveillance d'incendies

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## SmartSantander

[www.smartsantander.eu](http://www.smartsantander.eu)



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---



## Integration avec l'Internet des Objets



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Première définition

- Réseau=communication
- « Télécommunications » :
- toute transmission, émission ou réception de signes, de signaux, d'écrits, d'images, de sons ou de renseignements de toute nature, par fil, radioélectricité, optique ou autres systèmes électromagnétiques.

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

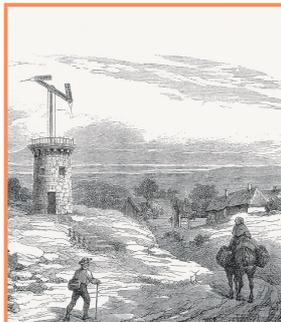
---

---

---

## Le télégraphe de Chappe

(Claude Chappe, 1763-1805)



92 parmi  
256 (=  $4^8$ ) positions  
représentent des  
symbols.

L'intégrité des  
messages peut être  
restoré à chaque relais

En 1844,  
534 relais connectaient  
Paris avec 29 cités,  
couvrant 5000 Kms.

Cours de C. Pham, Université de Pau

Source J. Tiberghien, VUB

---

---

---

---

---

---

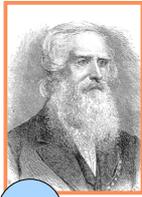
---

---

## Le télégraphe de Morse

Samuel Morse, 1791-1872

1er télégraphe électrique démontré en 1837



Cours de C. Pham, Université de Pau

Source J. Tiberghien, VUB

---

---

---

---

---

---

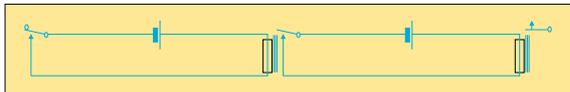
---

---

## Le télégraphe de Morse

La puissance du signal pouvait être restaurée avec des relais électromécaniques connectant des circuits télégraphiques séparés.

De grandes distances pouvaient être couvertes, sans augmenter de manière significative le taux d'erreurs.



Cours de C. Pham, Université de Pau

Source J. Tiberghien, VUB

---

---

---

---

---

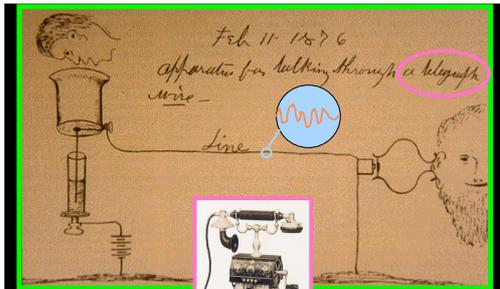
---

---

---

## Le téléphone

Graham Bell, 1876.



Cours de C. Pham, Université de Pau

Source J. Tiberghien, VUB

---

---

---

---

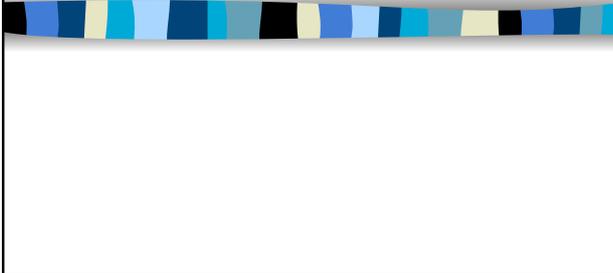
---

---

---

---

## POURQUOI LES RÉSEAUX ? FONCTIONS DE BASE



---

---

---

---

---

---

---

---

### Encore quelques définitions!

- « Réseau de communication » :
  - ensemble de ressources (artères de transmission, commutateurs, ...) mis à la disposition d'équipements terminaux pour leur permettre d'échanger de l'information.
- « Réseau public » :
  - réseau accessible à tous moyennant une redevance d'usage.
- « Réseau privé » :
  - réseau regroupant une communauté d'utilisateurs appartenant à une même organisation (privée).
- « Réseau privé virtuel » :
  - simulation d'un réseau privé à travers un réseau public
- ...

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

### ... et puis d'autres!

- « Réseau de commutation (ou commuté) » :
  - réseau dans lequel un abonné peut atteindre n'importe quel autre : mise en relation de 1 à 1 parmi N (ex : Réseau Téléphonique Commuté).
- « Réseau d'entreprise » :
  - réseau connectant les principaux points d'une entreprise, généralement privé.
- « Réseau dorsal » (*Backbone*) :
  - réseau jouant le rôle d'artère principale pour le trafic en provenance et à destination d'autres réseaux.
- Analogie forte avec le réseau routier.

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Les fonctions d'un réseau

- **La transmission**
  - point à point ou diffusion
  - Filaire ou sans-fils
- **La commutation**
  - comment mettre en relation un utilisateur avec n'importe quel autre ?
- **La signalisation**
  - repose sur l'échange d'informations de « services »
- **Fonctionnalités souhaitées**
  - fiable, robuste
  - évolutif : nouveaux matériels, nouveaux utilisateurs
  - performant et équitable
  - sécurisé

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

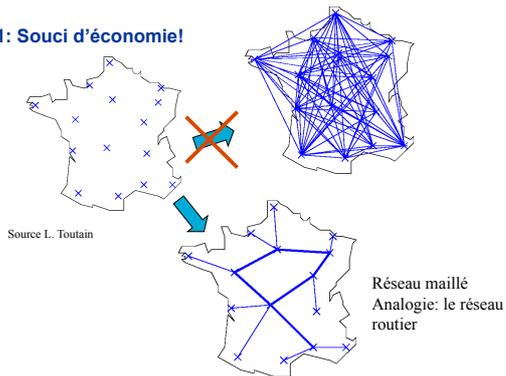
---

---

---

## Pourquoi mettre en réseau?

- **1: Souci d'économie!**



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

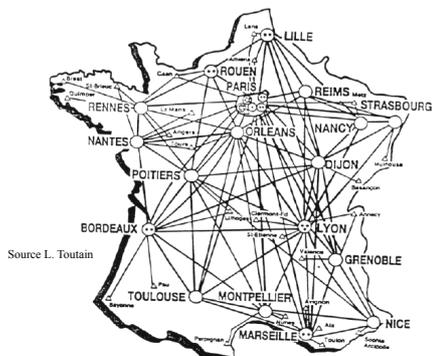
---

---

---

---

## Ex: le réseau Transpac



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

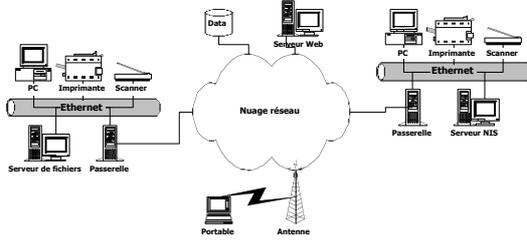
---

---

---

## Pourquoi mettre en réseau?

### ■ 2: Partage des ressources!



Cours de C. Pham, Université de Pau

Transparent emprunté à  
O. Gluck

---

---

---

---

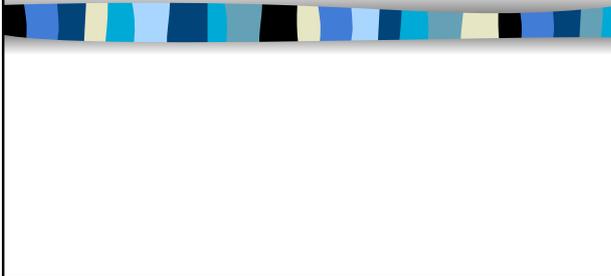
---

---

---

---

## BREFS HISTORIQUES ET NORMALISATION



---

---

---

---

---

---

---

---

## Les télécommunications

### ■ Télécommunications = toutes techniques de transfert d'information

- techniques : filaires, radio, optiques, satellites, ...
- information : symboles, écrits, images fixes ou animées, son, vidéos, ...



Transfert fiable d'information entre entités communicantes :  
données traduites (compréhensibles par A et B)  
support de communication (lien)  
adaptation entité/support  
une procédure d'échange (**protocole** = ensemble de règles à suivre pour effectuer un échange d'information)

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

### Bref historique (1)

- **1832 : alphabet de Morse (système de transmission codée)**
  - breveté en 1840
  - première liaison en 1844
  - 1856 en France
  - première liaison transatlantique en 1858
- **1885-86 : Découverte des ondes radio électromagnétique (Hertz)**
  - Suite à sa découverte sur les ondes hertziennes, Hertz la publia devant une assemblée d'étudiants. L'un d'entre eux demanda s'il y aurait des applications de ces ondes. Hertz répondit alors qu'il n'y en aurait aucune.
- **1897 : première liaison télégraphique (Morse) par onde hertzienne France/Angleterre (Marconi)**
- **1938 : principe de numérisation du signal**
  - MIC = Modulation par Impulsions Codées
  - Début de l'ère numérique!
- **1948 : invention du transistor**

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

### Bref historique (2)

- **1956 : premier câble téléphonique transocéanique avec 15 répéteurs immergés**
- **1962 : satellite Telstar 1 ➔ première liaison de télévision transocéanique**
- **1969 : premiers pas de l'homme sur la lune en direct**
- **1979 : ouverture au public du premier réseau mondial de transmission de données par paquets X.25 (France : Transpac)**
- **1981 : Le minitel**

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

### Bref historique (3) ... et Internet ?

- **1959-1968 : Programme ARPA**
  - ministère américain de la défense : lancer un réseau capable de supporter les conséquences d'un conflit nucléaire
- **1969 : ARPANET, l'ancêtre d'Internet**
  - les universités américaines s'équipent de gros ordinateurs et se connectent au réseau ARPANET
- **1970-1982 : Ouverture sur le monde**
  - premières connexions avec la Norvège et Londres
- **1983 : Naissance d'Internet**
  - protocole TCP/IP ➔ tous les réseaux s'interconnectent, les militaires quittent le navire

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Bref historique (4) ... et Internet ?

- **1986 : Les autoroutes de l'Information**
  - la National Science Foundation décide de déployer des super-ordinateurs pour augmenter le débit d'Internet
- **1987-1992 : Les années d'expansion**
  - les fournisseurs d'accès apparaissent, les entreprises privées se connectent au réseau
- **1993-2000 : L'explosion d'Internet**
  - avènement du WEB et courrier électronique
  - ouverture au grand public
  - ► marché considérable
- **2000-**
  - Généralisation du WiFi (Wireless Fidelity)
  - Haut-débit pour les particuliers (xDSL)
  - 3G/4G généralisé pour les mobiles

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## La normalisation (1)

- **« Normalisation » : ensemble de règles destinées à satisfaire un besoin de manière similaire**
  - réduction des coûts d'études
  - rationalisation de la fabrication
  - garantie d'un marché plus vaste
  - garantie d'inter-fonctionnement, d'indépendance vis à vis d'un fournisseur, de pérennité des investissements
- **Aboutissement d'une concertation entre industriels, administrations et utilisateurs**
- **Exemple dans les réseaux mobiles :**
  - GSM 900, DCS 1800 en Europe
  - D-AMPS 900 et 1900 aux Etats-Unis

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## La normalisation (2)

- **U.I.T. Union Internationale des Télécommunications (ex CCITT) à Genève (<http://www.itu.ch>)**
  - recommandations pour les pays moins avancés
  - recommandations pour les télécommunications internationales
    - UIT-R : Radiocommunications (allocations des fréquences)
    - UIT-T : Télécommunications
    - UIT-D : développement
- **E.T.S.I. European Telecommunications Standard Institute à Sofia Antipolis (<http://www.etsi.org>)**
  - responsable de la normalisation des Télécommunications en Europe (réseaux publics et leur moyen d'accès)
  - recommandations identiques à celles de l'U.I.T.
- **A.N.S.I. American National Standard Institute à New York (<http://www.ansi.org>)**
  - équivalent américain de l'ETSI

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

### La normalisation (3)

- **I.E.E.E. Institute of Electrical & Electronics Engineers aux USA (<http://www.ieee.org>)**
  - plus grande organisation professionnelle et universitaire du monde
  - groupe de normalisation pour l'informatique (IEEE 802)
- **I.S.O. International Standardization Organization**
  - organisation non gouvernementale
  - centaine de pays membres
  - édite des normes dans tous les domaines
  - membre de l'UIT
- **A.F.N.O.R. Association Française de NORmalisation à Paris la Défense et régions (<http://www.afnor.fr>)**
  - responsable de la normalisation en France
  - membre de l'ISO

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

### La réglementation

Loi de Réglementation des Télécommunications (LRT)  
**Le 18 juin 1996**

- ➔ - aménage la concurrence des réseaux et services
- assure le maintien et le développement du service public
- crée une **autorité de régulation indépendante (ART)**
- ➔ Libéralisation totale du secteur  
**Le 1er janvier 1998**
- ➔ Incidence sur la tarification
  - rapprocher coûts/tarifs
  - obligation du service universel (2 postes téléphoniques doivent pouvoir être mis en relation à tout instant)
  - loyauté de la concurrence

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

### Classifications et aperçus des réseaux



---

---

---

---

---

---

---

---

## Des classifications...

### ■ Selon les types de transmission

- supports (filaire, optique, sans fil)
- modes de diffusion

### ■ Selon la taille

- PAN, LAN, MAN, WAN, Internet

### ■ Selon la topologie

- Bus, étoile, maillée,...

### ■ Selon les performances

- bande passante (débit), délais (latence)

### ■ Selon le type des terminaux

- réseaux téléphoniques
- réseaux d'ordinateurs
- réseaux domestiques

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Les modes de diffusion

Source



### ■ Diffusion 1 à N

- réseaux de radiodiffusion
- réseaux locaux

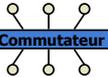


Collecteur

### ■ Collecte N à 1

- réseaux de capteurs

Commutateur



### ■ Commutation 1 à 1 parmi n

- Réseau Téléphonique Commuté

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## La taille

### ■ PAN - Personal Area Network - réseau personnel

- 1 m : liaison sans fil ordinateur/souris, clavier, imprimante...
- contrôle appareil auditif, stimulateur cardiaque...

### ■ LAN - Local Area Network - réseau local

- 10 m/5 km : salle/immeuble/campus

### ■ MAN - Metropolitan Area Network - réseau métropolitain

- 10-30 km : ville

### ■ WAN - Wide Area Network - réseau longue distance

- 100 km/1 000 km : pays/continent

### ■ Internet

- 10 000 km : planète, interconnexion de réseaux

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

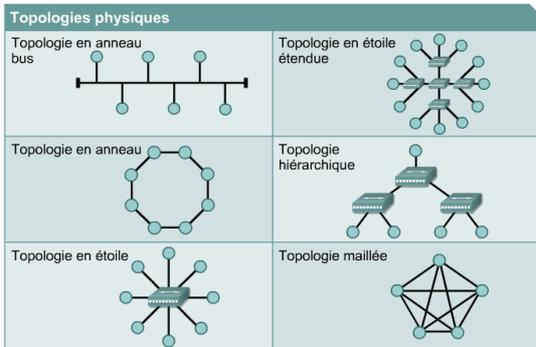
---

---

---

---

## La topologie



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Quelques exemples de réseaux/technologies

- **Réseaux locaux**
  - Ethernet: 802.3
  - WiFi: 802.11a/b/g/n
- **Réseaux personnels**
  - Bluetooth: 802.15.1
  - ZigBee: 802.15.4
- **Réseaux « connectiques »**
  - USB : Universal Serial Bus (ordinateurs et périphériques)
- **Réseaux « industriels »**
  - CAN : Contoller Area Networks (automobile, actionneurs)
  - ARINC 429: Aeronautical Radio, Incorporated (aéronautique)
  - ModBus (machines, actionneurs)
  - FIP, FIPway: Factory Instrumentation Protocol (actionneurs)
  - ...

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

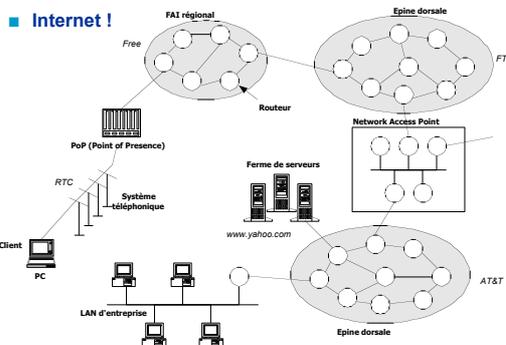
---

---

---

---

## Réseaux de réseaux...



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

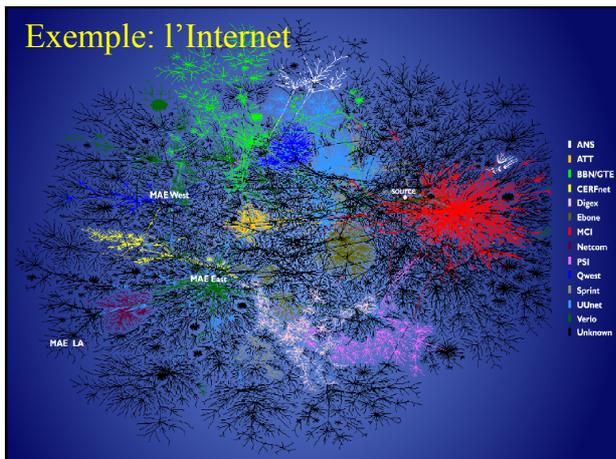
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

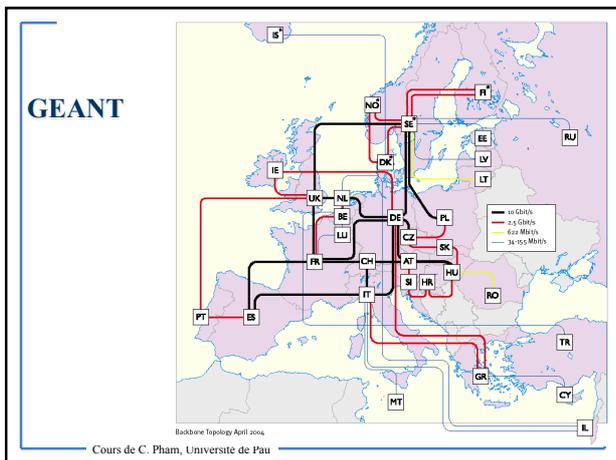
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

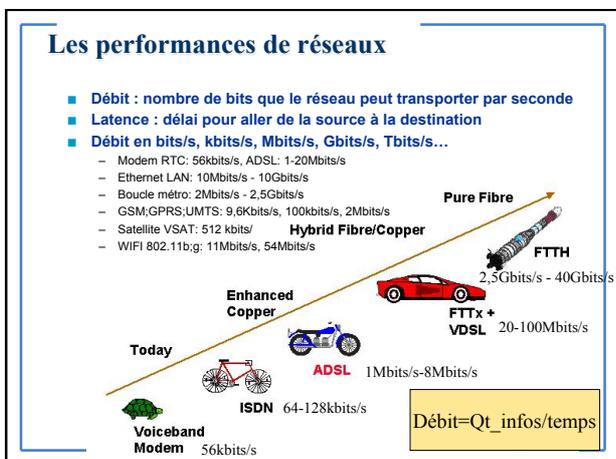
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Regardons sous le capot!



---

---

---

---

---

---

---

## La partie cachée des réseaux (ce que votre maman ne vous a jamais dit!)

- Finit le « je branche donc j'existe », il faut savoir ce qu'il y a derrière
- Qu'y a-t-il sur une carte réseau?
- Qu'y a-t-il sur votre ordinateur?
- Qu'y a-t-il derrière le fil?



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

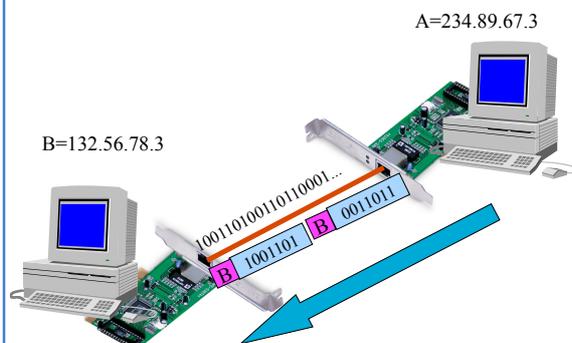
---

---

---

---

## Flux de données, paquets, adresse IP,...



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

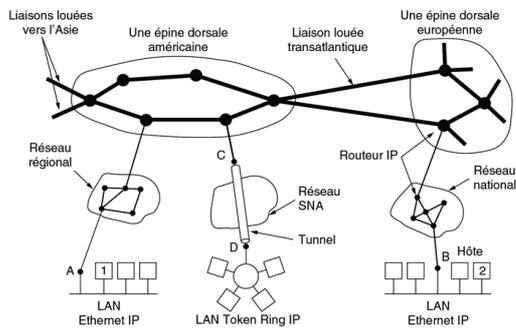
---

---

---

---

## Pour fixer les idées: l'Internet (1)



**l'Internet, c'est plein de réseaux connectés !**

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

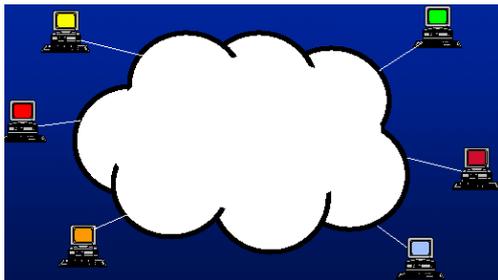
---

---

---

---

## L'Internet du point de vue de l'utilisateur



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Les acteurs de l'Internet

- Les usagers (moi, vous, votre papa, votre maman,...)
- Les fournisseurs d'accès (wanadoo, free, 9telecom,...)
- Les opérateurs (FranceTelecom, ...)
- Les fournisseurs de services et applications (Google, Yahoo,...)
- Les ordinateurs et les logiciels



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

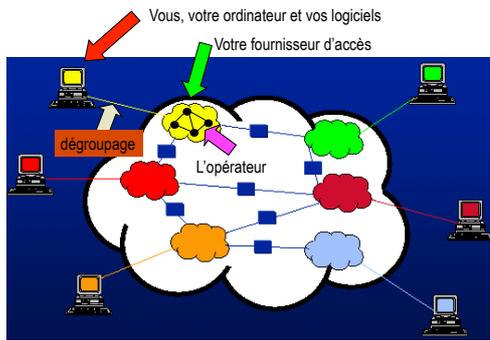
---

---

---

---

## L'Internet, en vrai...



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

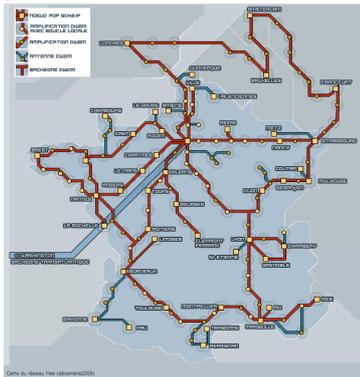
---

---

---

---

## Exemple, le réseau de Free



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

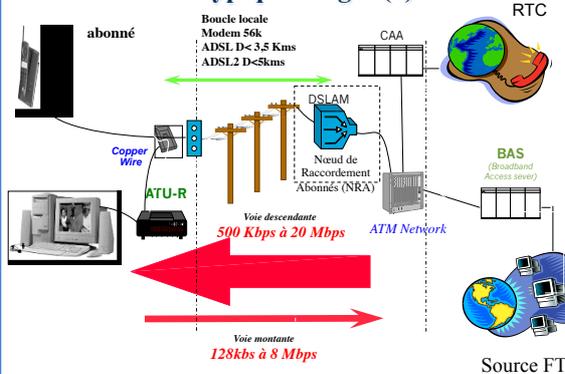
---

---

---

---

## Raccordement typique usager (1)



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

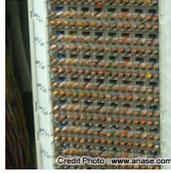
---

---

---

## Le nœud de raccordement d'abonnés

- Autrefois pour le RTC, maintenant connecte l'essentiel des millions d'abonnés sDSL (~13000 en France).



Le répartiteur est un élément important du NRA puisque c'est ici que va se faire le premier tri entre les lignes des abonnés. Les paires de cuivre sont effet triées pour être ensuite relayées vers les DSLAM respectifs des fournisseurs d'accès correspondant à chaque ligne.

Le DSLAM est donc le premier équipement ADSL géré par un autre FAI que France Télécom (dans le cas du dégroupage), et sur lequel les opérateurs gèrent le trafic Voix et le trafic Data (données IP). Le DSLAM est également la dernière étape pour la paire de cuivre. Une fois concentrées dans les DSLAM, les données sont réparties par type (voix, internet, tv) puis expédiées sur le réseau de fibre optique du fournisseur pour être acheminées vers ses propres infrastructures.

Source: <http://www.ariase.com/fr/guides/nra-noeud-raccordement.html>

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vers les réseaux fibre optique

- FTTH: Fiber To The Home
- À Pau, Pau Broadband Country!
- Dans certains pays, la fibre dépasse l'ADSL!



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

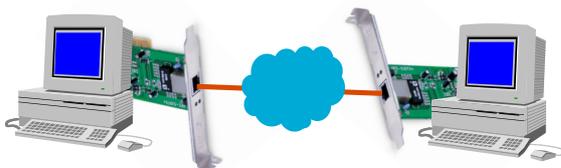
---

---

---

## Pour fixer les idées: l'Internet (2)

- Nous utilisons l'Internet pour
  - Échanger des mails
  - Transférer des fichiers
  - Consulter des pages web
  - Faire de la téléphonie, voir des vidéo,...



Avant de pouvoir communiquer entre humains, il faut faire communiquer les machines!

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Les « règles » de communication

- **Comment se faire comprendre?**
  - Similitudes avec les échanges de la vie quotidienne: se dire bonjour, au revoir, téléphoner à quelqu'un...
- **Définir des règles de communications!**
  - Comment est « formatée » l'information à envoyer/recevoir?
  - Comment commencer la communication?
  - Comment la terminer?
  - Comment gérer les cas exceptionnels, les erreurs?

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Les bases d'un protocole

- **Les règles sont les protocoles**
  - Il y a des milliers de protocoles: derrière une application de l'Internet, il y a un protocole (ou presque)!
  - Nous verrons qu'il existe plusieurs couches protocolaires pour réaliser une fonction complexe donnée
- **Les « P » dans**
  - Serveur SMTP sortant (Simple Mail Transport **Protocol**)
  - Serveur HTTP (Hyper Text Transport **Protocol**)
  - Télécharger par FTP (File Transfer **Protocol**)
  - TCP/IP (Transport Control **Protocol**/Internet **Protocol**)
  - et pleins d'autres!!

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Différencier Services et protocoles

- **Service**
  - Un service est une fonctionnalité offerte par le réseau (Ex: Communication fiable de bout en bout). Ce service est généralement représenté par un ensemble de primitives pour réaliser certaines fonctions: request, send.
  - communication vocale de bout en bout est un service des Télécom. La sonnerie du téléphone est une primitive de service, de même que décrocher et raccrocher le téléphone.
- **Protocole**
  - Un protocole est une implémentation d'un service. Il définit un ensemble de règles, les formats des paquets, les messages qui doivent être échangés et les mécanismes utilisés.
  - Par exemple, la manière de décrocher ou raccrocher le téléphone (bouton poussoir ou combiné à soulever), dire "ALLO" et "AU REVOIR" font partie du protocole.

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ex: protocole de bas niveau dans le téléphone

- Ligne au repos :
  - Signal continu de 48 à 50 VDC
  - Z: infini
- Ligne décrochée :
  - Signal continu de 10 à 22 VDC
  - Z = 600 W
  - Courant débité de 30 à 50 mA impérativement
- Sonneries :
  - Pendant 1,7 s
  - Signal composite : 50VDC + 50VAC (50Hz), soit un signal strictement positif (ou négatif)
  - Z = 12 kW
  - Pendant 3,3 s : silence
  - Signal continu de 48 à 50 VDC
  - Z: infini
  - Période signal : 5s
- Tonalité :
  - Signal composite: 50VDC + qq mVAC (440Hz) : LA 440.
- Rappel de sonnerie :
  - Idem tonalité pendant 1,7 s ; silence pendant 3,3 s.
  - Période : 5 s.
- Acheminement :
  - Idem tonalité pendant 0,1 s, silence pendant 0,1 s.
  - Période : 0,2 s.
- Occupation :
  - Idem tonalité pendant 0,5 s ; silence pendant 0,5 s.
  - Période : 1 s.

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Exemple simple: ping

### ■ >ping sand.cise.ufl.edu

```
Pinging sand.cise.ufl.edu
Reply from 128.227.205.208: bytes=32 time=166ms
Reply from 128.227.205.208: bytes=32 time=155ms
Reply from 128.227.205.208: bytes=32 time=149ms
Reply from 128.227.205.208: bytes=32 time=140ms
Ping statistics for 128.227.205.208:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 <0% loss>
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 140ms, Maximum = 166ms, Average = 152 ms
```

### ■ Quel est le fonctionnement de base du ping? Quels sont les éléments protocolaires que vous voyez?

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

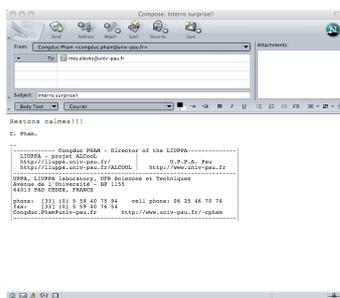
---

---

---

## Exemple intermédiaire: l'e-mail (courriel)

### ■ Envoi d'un message (texte+attachement) vers un récepteur, dans une « boîte aux lettres »



Qui reçoit mes mails?

Vers qui j'envoie mes mails?

Comment j'envoie mes mails?

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Exemple plus complexe

- Le www
- Quels sont les protocoles pour:
  - afficher la page?
  - récupérer un fichier?
  - transférer les requêtes?



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Découpage de l'information en paquets

- L'information à transmettre est de longueur variable
  - Fichiers binaire: plusieurs Ko à plusieurs Mo
  - Vidéo: plusieurs Mo à quelques Go
  - Requêtes WEB: plusieurs octets à quelques Ko
  - ...
- On ne peut pas transmettre tout d'un coup! (essayer de boire 3 litres d'eau d'un coup)
- On découpe d'information en petits bouts, appelés paquets, que l'on envoie. C'est la segmentation
- On verra plus tard que le chemin des données de l'application vers la carte réseau s'effectue en plusieurs étapes.
- Les paquets sont rassemblés au récepteur, c'est réassemblage.
- Il est possible d'avoir d'autres modes de fonctionnement pour des types de données particuliers.

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

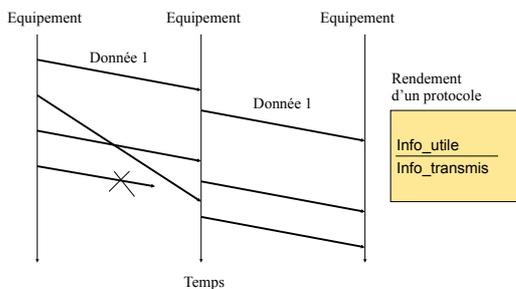
---

---

---

## Représenter les échanges de données

- Le chronogramme



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

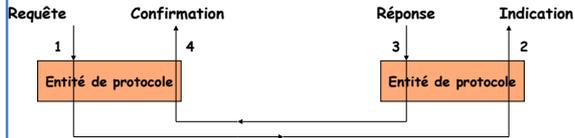
---

---

## Les primitives de service (1)

### ■ Mode connecté : communication téléphonique

- phase d'établissement de connexion
- permet une négociation du service
- préserve en général l'ordre des paquets et la fiabilité



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Mode connecté – exemple RTC

### ■ Interface utilisateur : combiné téléphonique

### ■ Un individu : un numéro de téléphone

### ■ Trois phases dans un appel :

- Composition du numéro de téléphone : détermination et mémorisation d'un circuit dans le réseau téléphonique pour cette conversation
- Dialogue entre les deux utilisateurs
- Fermeture du circuit (libération des ressources prises dans le réseau)

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Les primitives de service (2)

### ■ Mode non connecté : envoi d'une lettre postale

- permet l'envoi de données sans l'établissement d'une connexion au préalable
- chaque paquet est indépendant des autres et peut suivre plusieurs chemins différents
- on peut avoir un mode non-connecté avec accusé de réception (ex : lettre recommandée)



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Mode non connecté - service postal

- Interface utilisateur : boîte à lettres
- Une lettre = un message + une enveloppe
- Quantité d'information limitée dans chaque lettre (poids)
- Contenu de la lettre (message) inconnu du service postal
- Délai de remise (temps de transport de la lettre + temps de traitement de la lettre par les facteurs)
- Transport (chemins et moyens) inconnu de l'expéditeur et du destinataire
- L'adresse est recopiée sur chaque lettre
- Pas d'horaire de dépôt, pas de présence ou accord du destinataire
- Si plusieurs lettres sont émises de suite, elles sont traitées indépendamment, il n'y a aucune garantie qu'elles arrivent dans le même ordre au destinataire
- La poste ne détecte pas la perte d'une lettre
- Ce type de service est parfois appelé datagramme

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

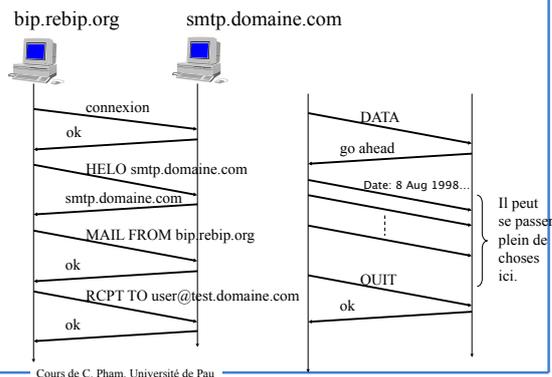
---

---

---

---

## Ex: le courriel (e-mail)



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Commutation de circuits, de paquets.

### ■ Commutation de circuits

- Le **débit** est constant et permanent pendant la durée de la connexion (réseau téléphonique commuté, **liaisons spécialisées**). Fonctionne en mode connecté exclusivement. Généralement, il n'y a pas de **contrôle de flux** ou d'erreur effectué par le réseau.

### ■ Commutation de paquets

- Le **débit** n'est pas réservé de manière figée. On peut fonctionner en mode connecté (circuit virtuel ou VC) ou en mode non-connecté (datagrammes). Le mode datagramme est bien adapté aux messages courts, alors que le mode circuit virtuel permet un transfert avec une meilleur **qualité de service**.

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

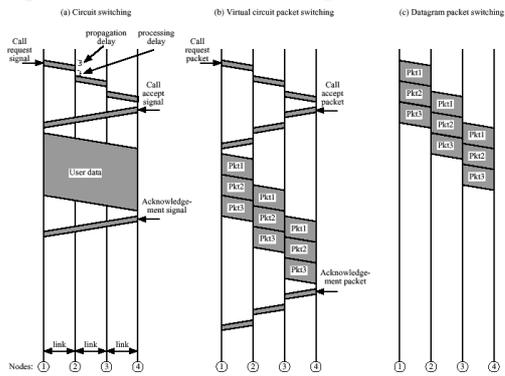
---

---

---

---

## Récapitulatifs avec des chronogrammes



Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ce qu'il y a dans ce cours

- Présenter les architectures physiques, et les protocoles associés à la communication sur ces infrastructures.
- Présenter les architectures de communication mises en place dans les éléments des réseaux
- Comprendre les besoins qui mènent à la définition de nouvelles technologies, et par conséquent à de nouveaux protocoles.
- Comprendre comment les protocoles sont faits, et pourquoi sont-ils faits de cette manière.
- Présenter l'architecture et les technologies liées à l'Internet: adressage IP, routage IP, réseaux locaux,...

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---

## Livres

- « Réseaux », 4ième édition, Andrew Tanenbaum, Pearson Education, ISBN 2-7440-7001-7
- James Kurose et Keith Ross, « Analyse Structurée des Réseaux: des applications de l'Internet aux infrastructures de télécommunication », 2e édition, Pearson Education, 2003.
- Claude Servin, « Réseaux et Télécoms: Cours et Exercices corrigés », Dunod, Collection Sciences SUP, 2003.

Cours de C. Pham, Université de Pau

---

---

---

---

---

---

---

---