

Introduction aux réseaux de l'Internet

C. Pham

Université de Pau et des Pays de l'Adour

Département Informatique

<http://www.univ-pau.fr/~cpham>

Congduc.Pham@univ-pau.fr



Copyright

- **Copyright © 2011 Congduc Pham; all rights reserved**
- **Ce support de cours est soumis aux droits d'auteur et n'est donc pas dans le domaine public. Sa reproduction est cependant autorisée à condition de respecter les conditions suivantes :**
 - Si ce document est reproduit pour les besoins personnels du reproducteur, toute forme de reproduction (totale ou partielle) est autorisée à la condition de citer l'auteur.
 - Si ce document est reproduit dans le but d'être distribué à des tierces personnes, il devra être reproduit dans son intégralité sans aucune modification. Cette notice de copyright devra donc être présente. De plus, il ne devra pas être vendu.
 - Cependant, dans le seul cas d'un enseignement gratuit, une participation aux frais de reproduction pourra être demandée, mais elle ne pourra être supérieure au prix du papier et de l'encre composant le document.
 - Toute reproduction sortant du cadre précisé ci-dessus est interdite sans accord préalable écrit de l'auteur.

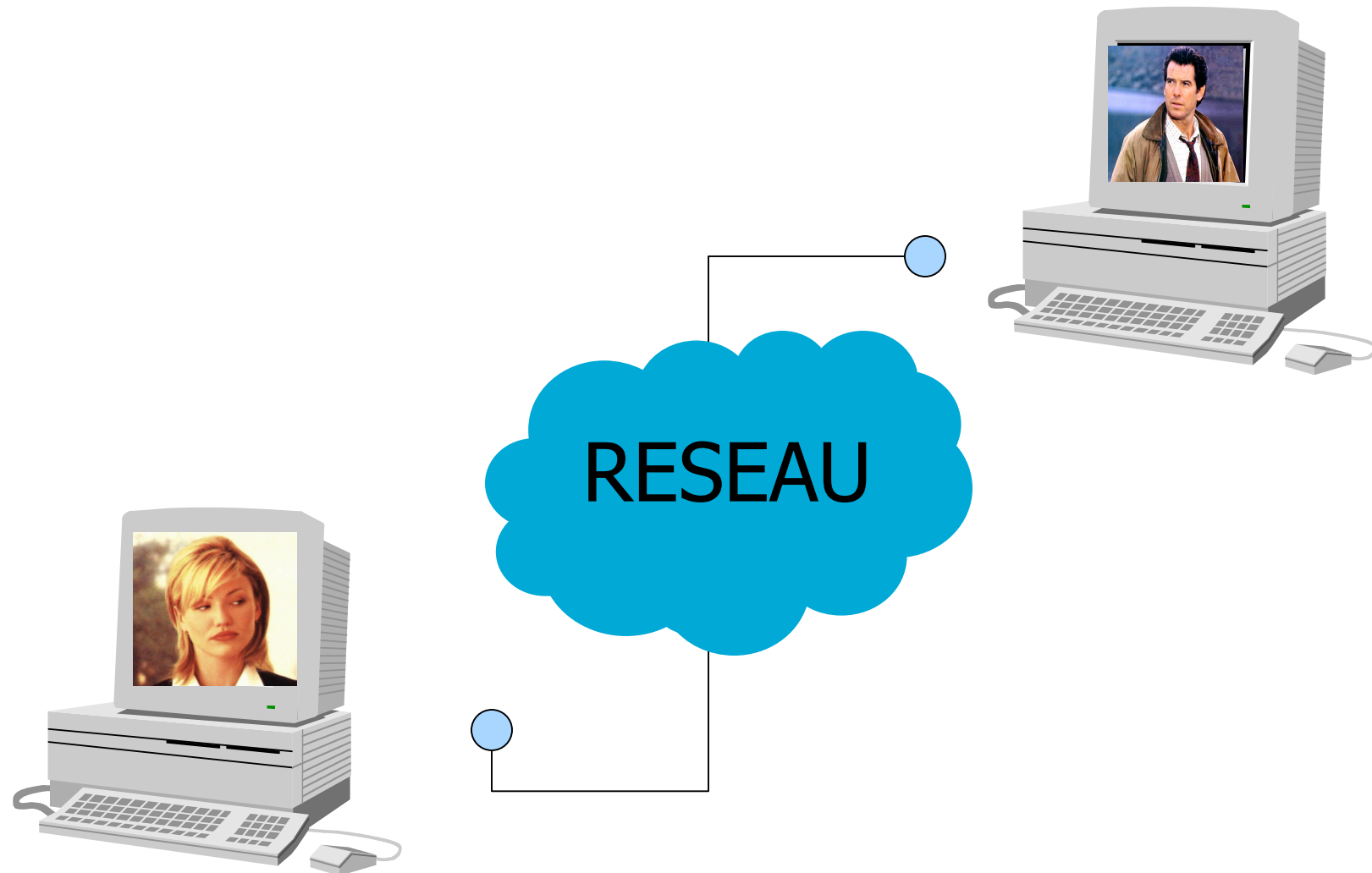
Remerciements

- Certains transparents sont basés sur des supports de cours de :
 - Olivier GLUCK (LYON 1)
- Des figures sont issues des livres cités en bibliographie

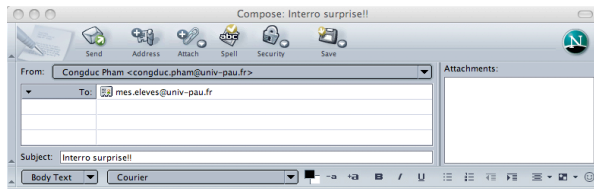
Le besoin de communiquer



Ce qui nous intéresse...



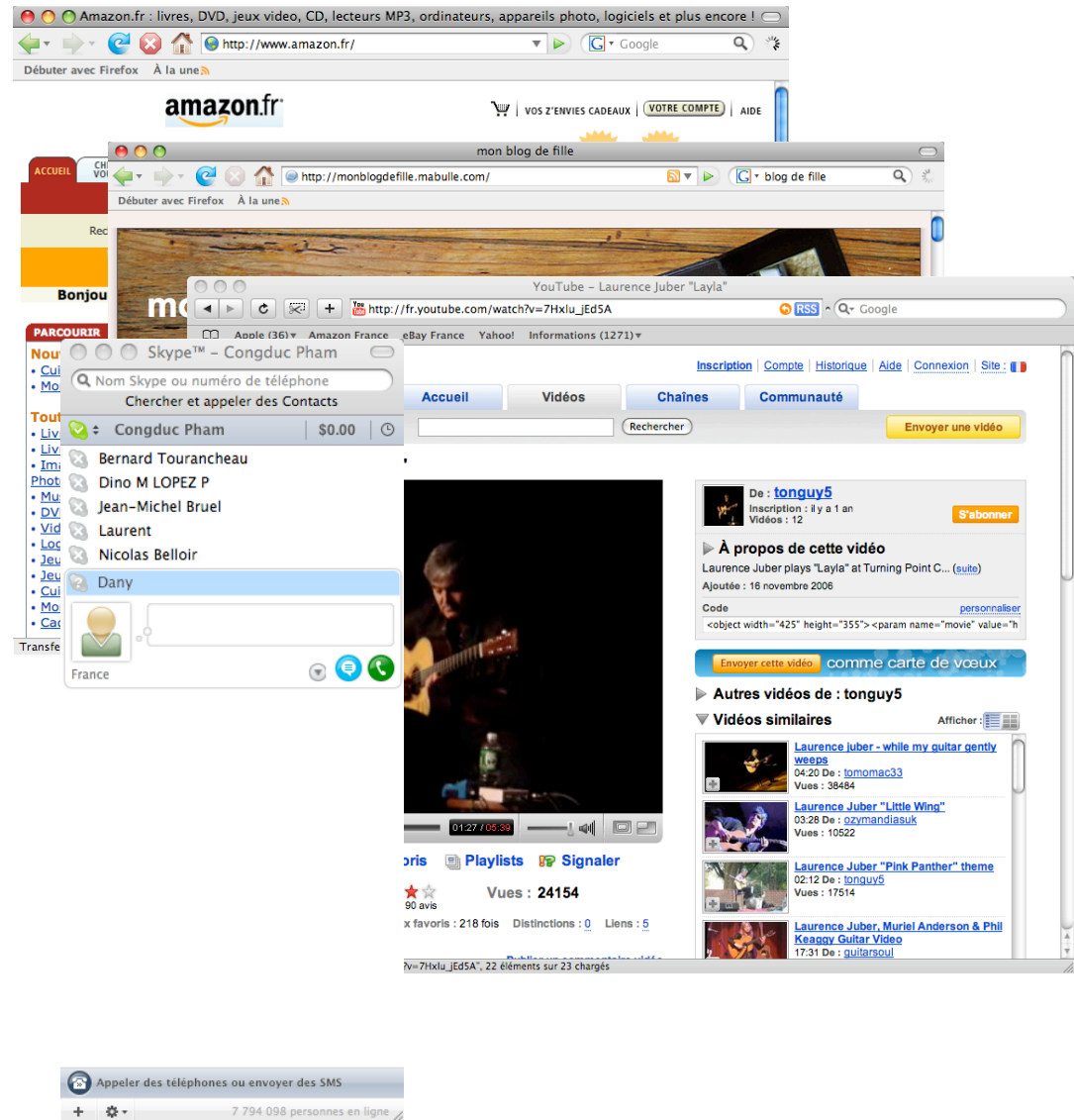
Usages de l'Internet



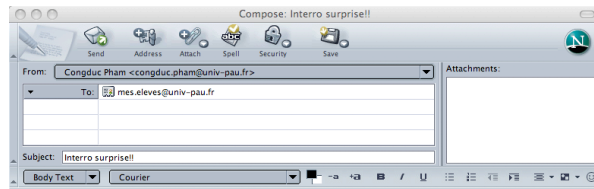
Restons calmes!!!

C. Pham.

----- Congduc PHAM - Director of the LIUPPA -----
LIUPPA - projet ALCOOL U.P.P.A. Pau
<http://liuppa.univ-pau.fr/> <http://www.univ-pau.fr>
UPPA, LIUPPA Laboratory, UFR Sciences et Techniques
Avenue de l'Université - BP 1155
64013 PAU CEDEX, FRANCE
phone: [33] (0) 5 59 40 75 94 cell phone: 06 25 46 70 74
fax: [33] (0) 5 59 40 76 54
Congduc.Pham@univ-pau.fr <http://www.univ-pau.fr/~cpham>



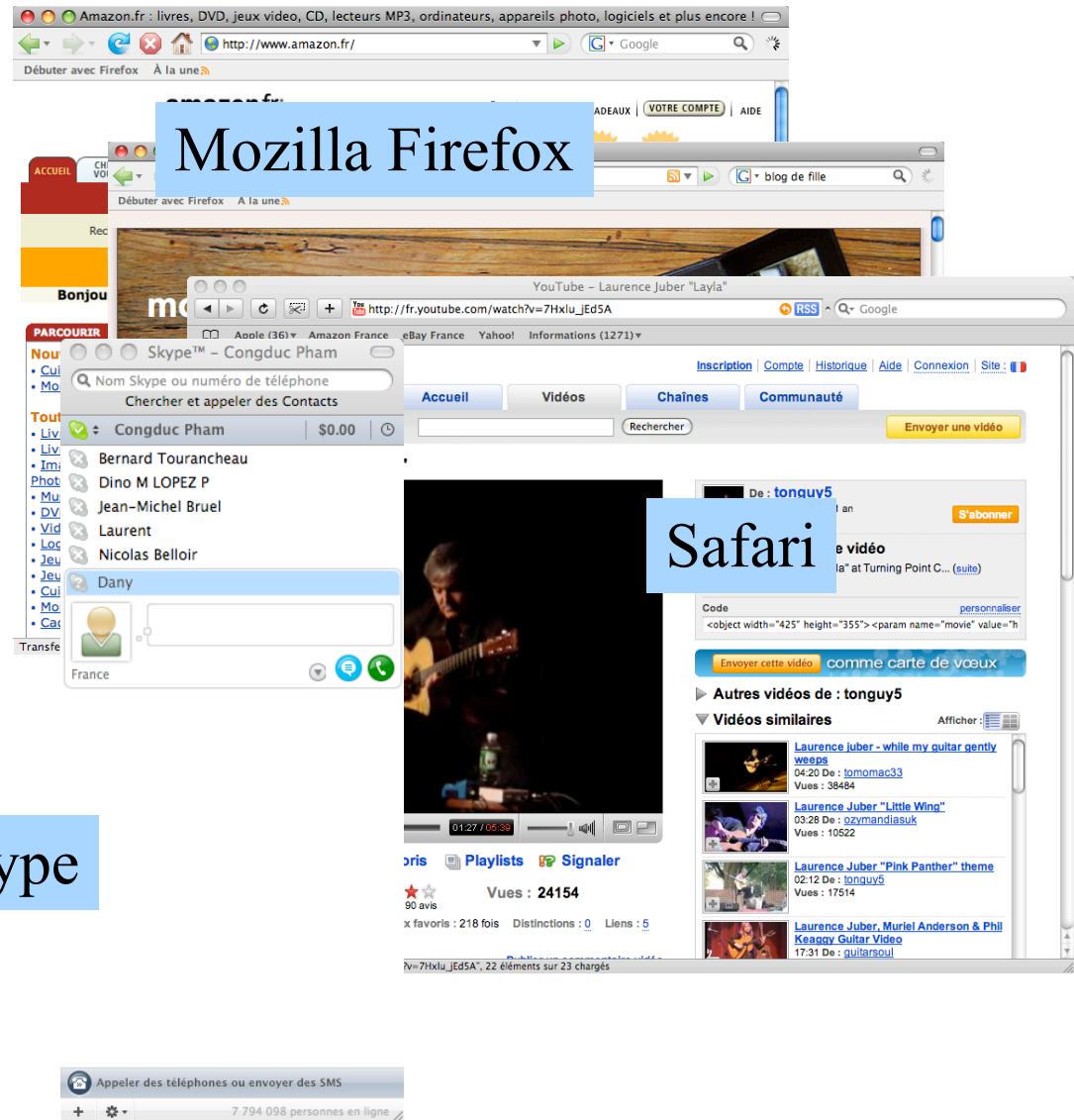
Applications



Netscape messenger



Skype

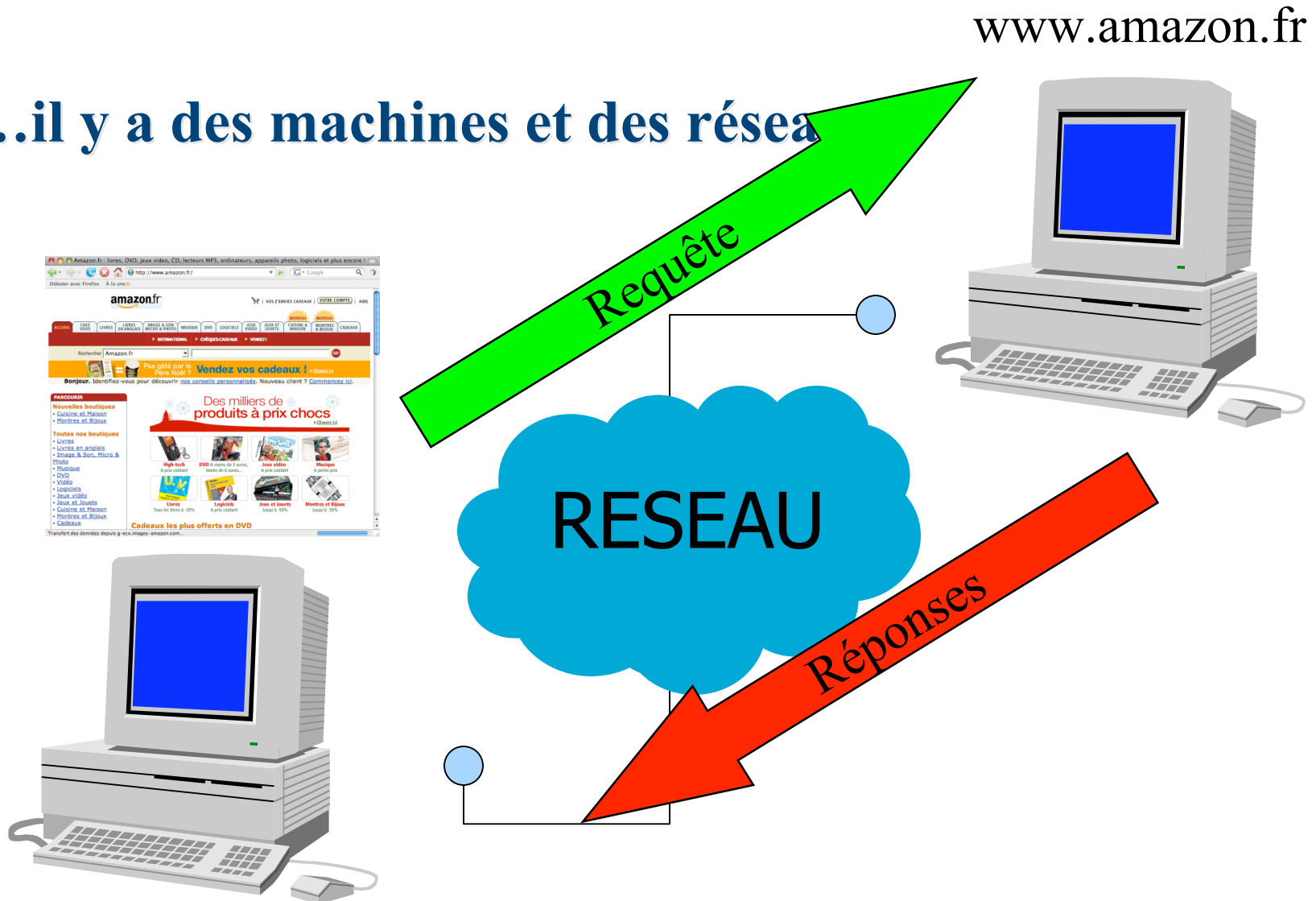


Mozilla Firefox

Safari

Derrière les applications...

...il y a des machines et des réseaux



Les réseaux que vous connaissez...

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

...les réseaux que vous connaissez

■ Quels réseaux cotoyez-vous au quotidien?

- GSM (téléphone mobile), RTC (téléphone fixe), WiFi, Internet, radio, télévision

■ Quels appareils met-on en réseau?

- Ordinateurs, des pocketPC, Palm, téléphones portables, des playstations et autres, des satellites, des distributeurs d'argents, des lecteurs de cartes bleues, des véhicules, ...

■ Accès réseaux chez vous? Lequel?

- Modem 56k (obsolete), ADSL, WiFi, câble

■ 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+, Mobile TV, ...

■ Qui a déjà configuré un réseau chez lui?

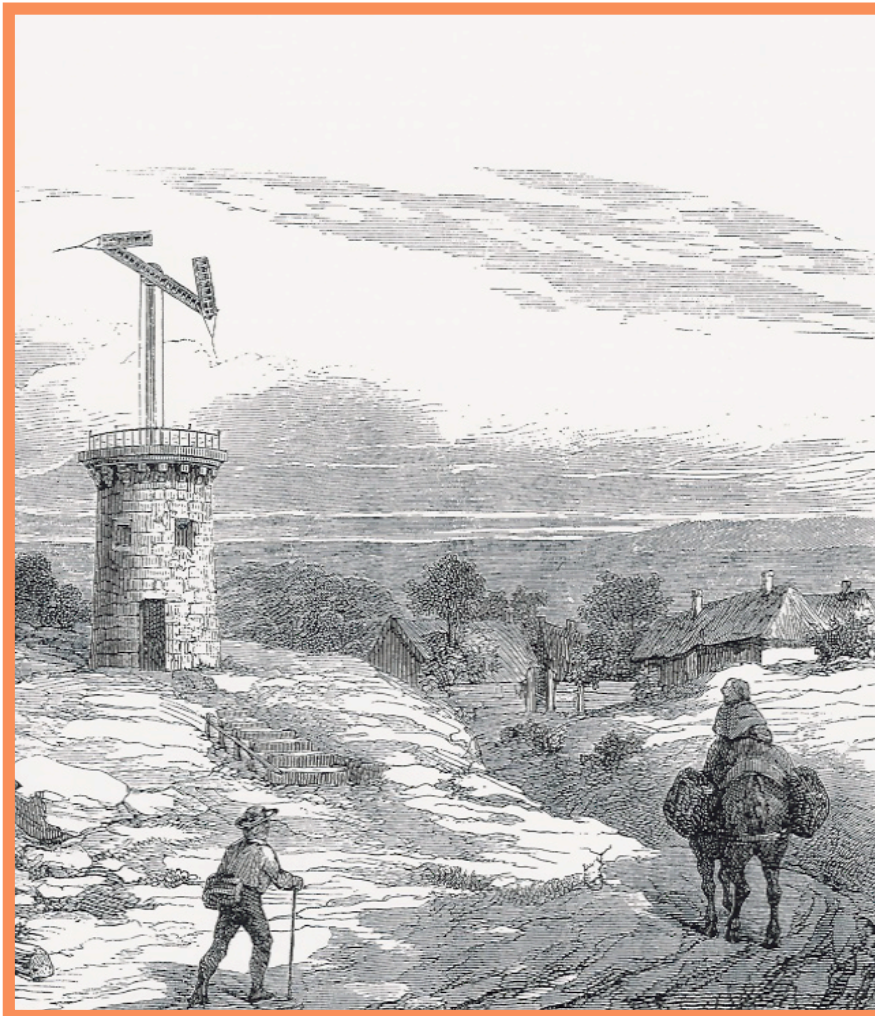
- Windows, Windows Mobile, Mac OS X, Linux, palmOS

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.

Le télégraphe de Chappe

(Claude Chappe, 1763-1805)



**92 parmi
256 (= $4 \times 8 \times 8$) positions
représentent des
symbols.**

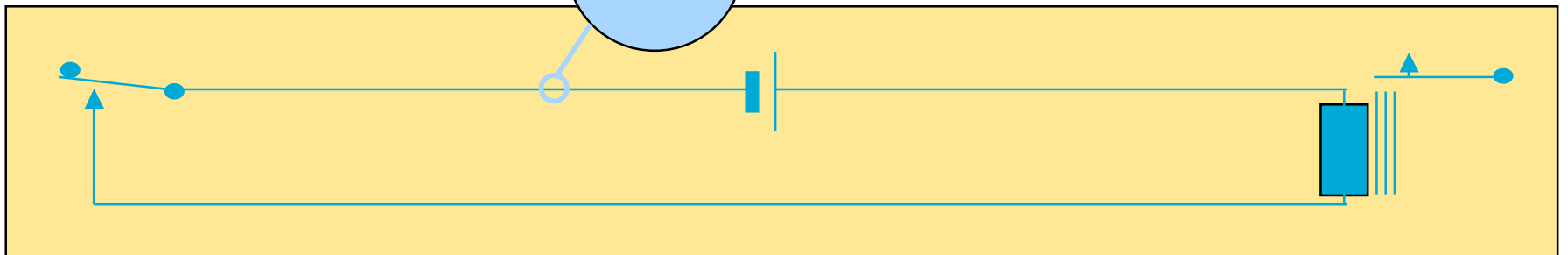
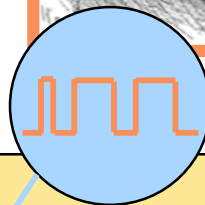
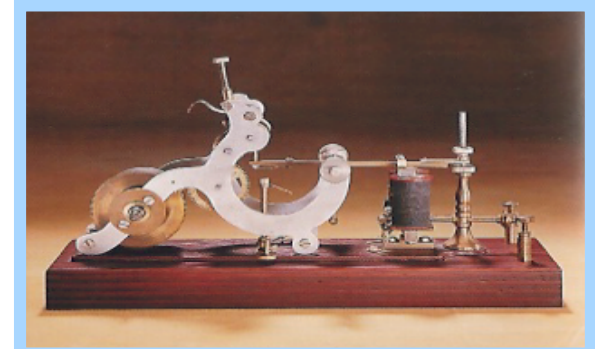
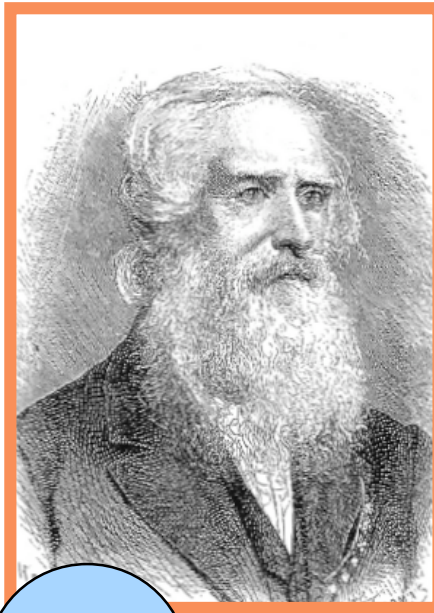
**L'intégrité des
messages peut être
restoré à chaque relais**

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

Le télégraphe de Morse

Samuel Morse, 1791-1872

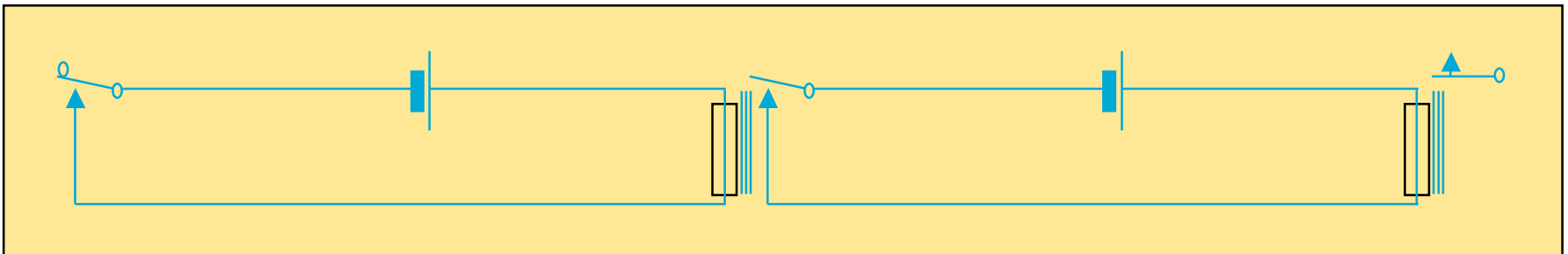
**1er télégraphe
électrique
démonstré en
1837**



Le télégraphe de Morse

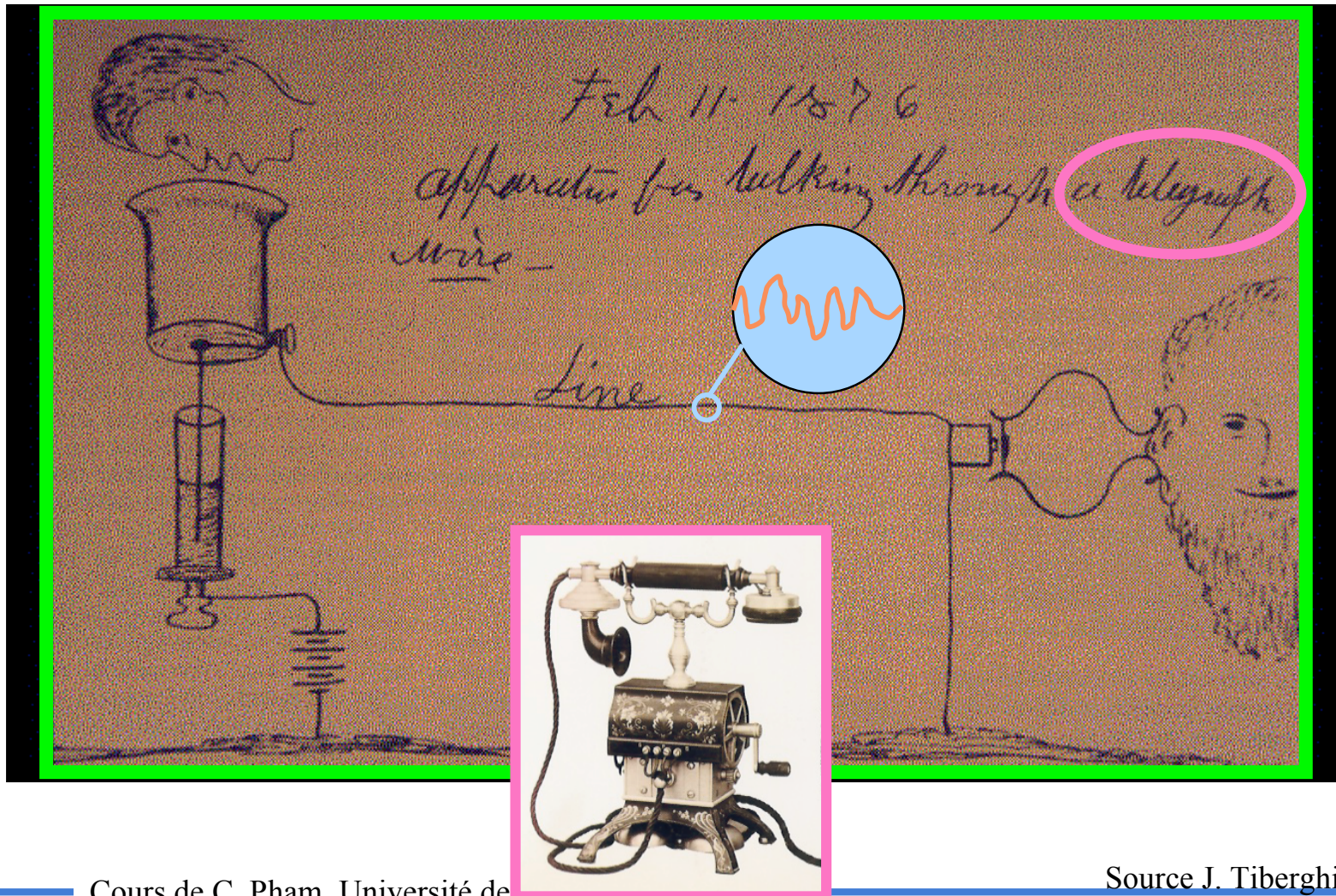
La puissance du signal pouvait être restaurée avec des relais électromécaniques connectant des circuits télégraphiques séparés.

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



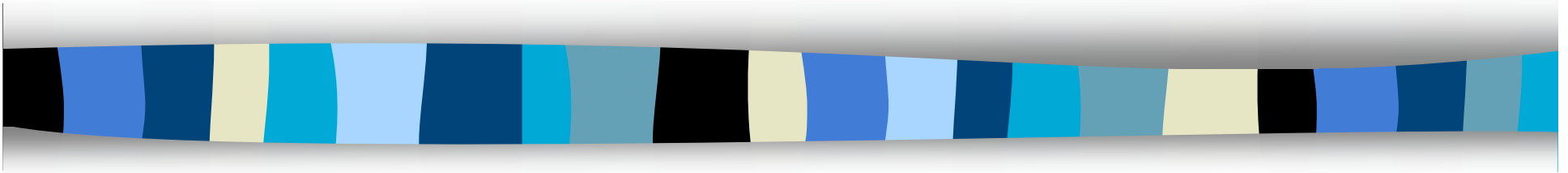
Le téléphone

Graham Bell, 1876.



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
- ...

... 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.**

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

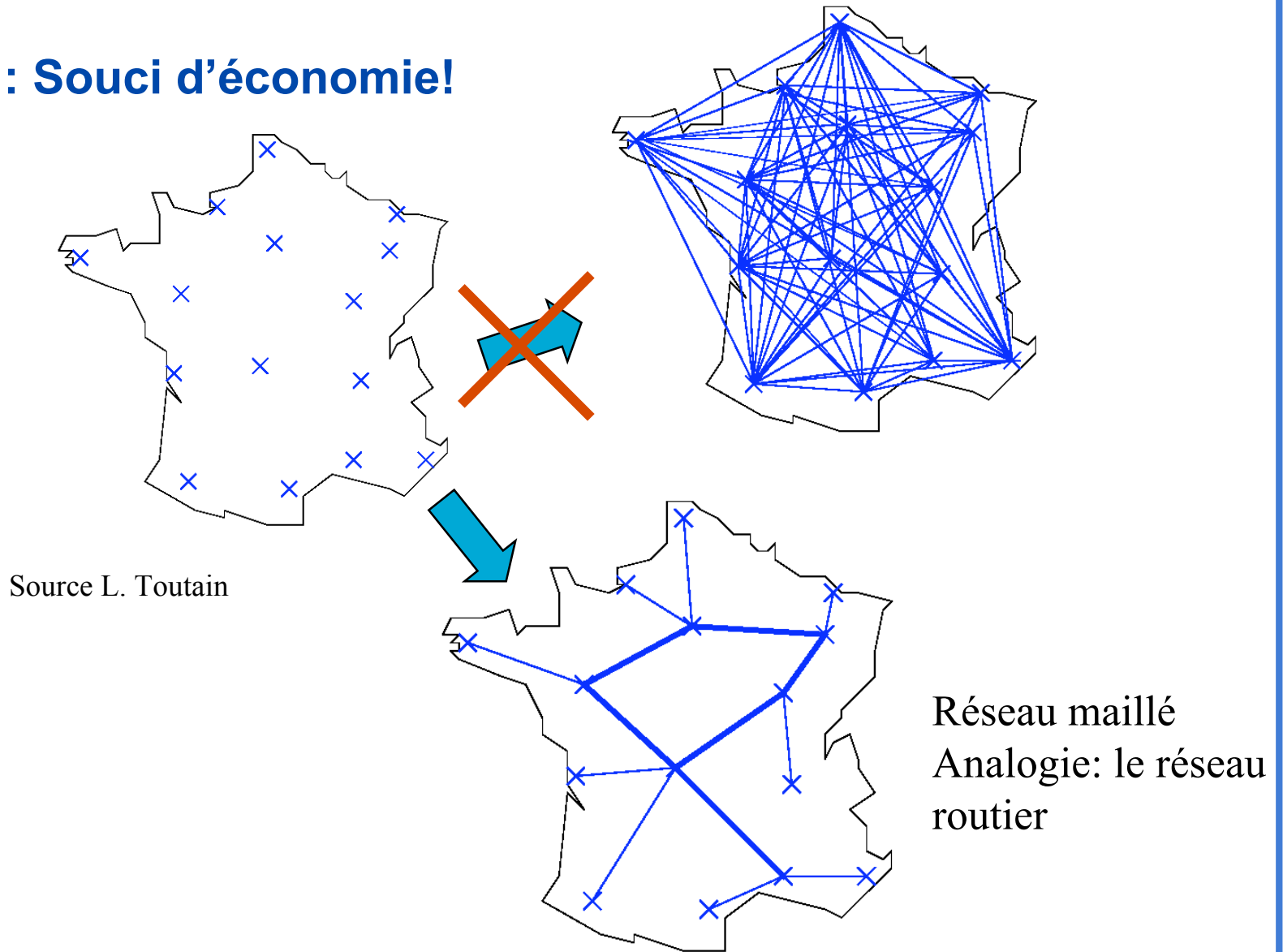
- repose sur l'échange d'informations de « services »

■ Fonctionnalités souhaitées

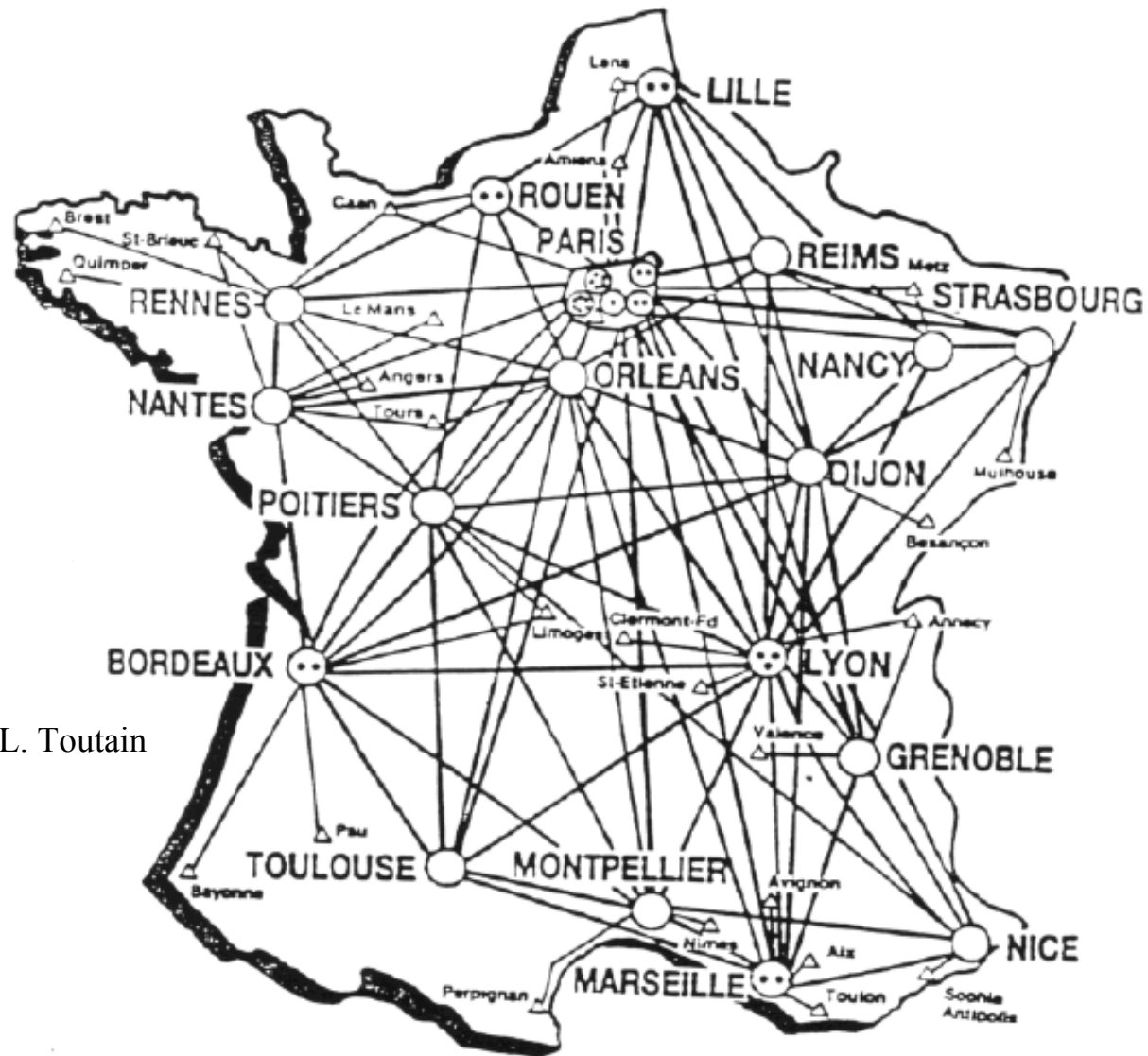
- fiable, robuste
- évolutif : nouveaux matériels, nouveaux utilisateurs
- performant et équitable
- sécurisé

Pourquoi mettre en réseau?

■ 1: Souci d'économie!



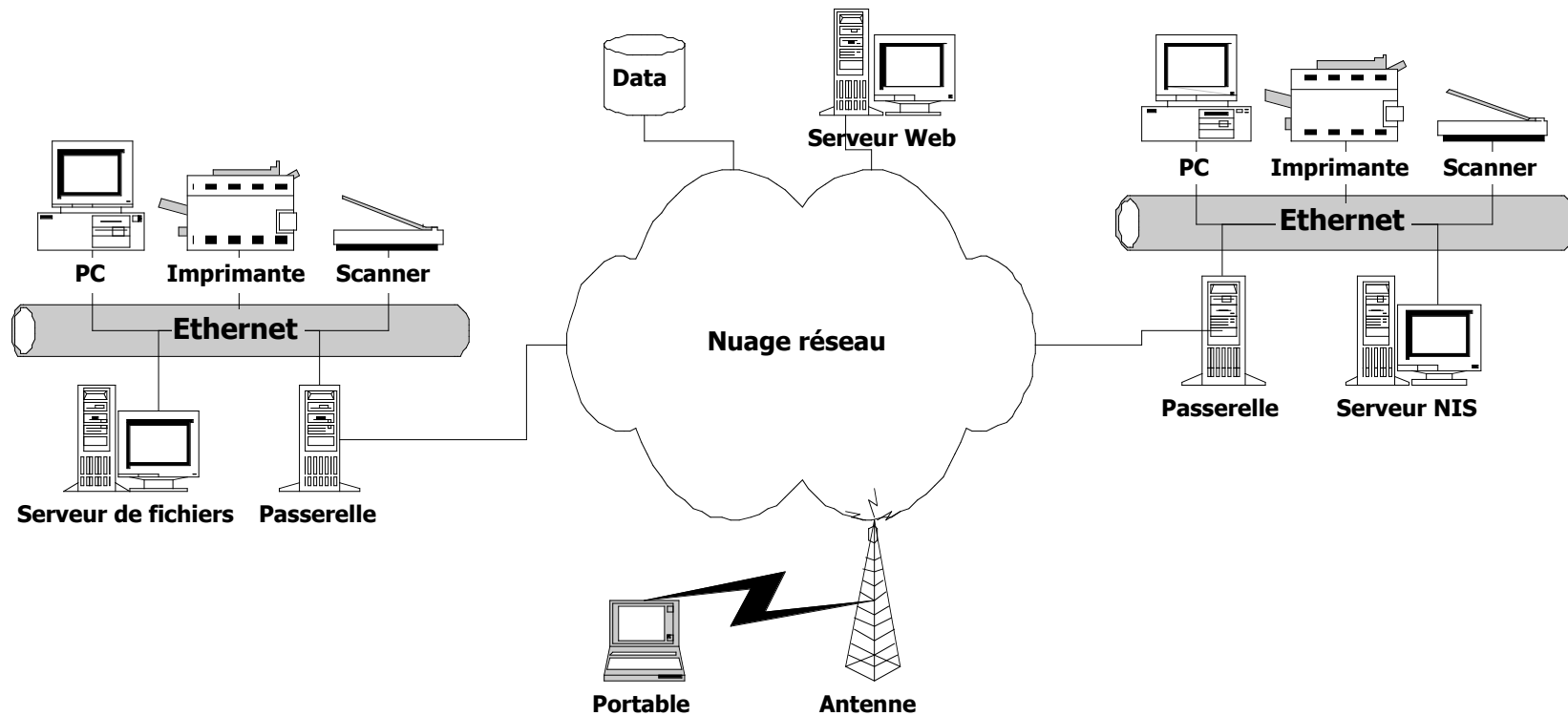
Ex: le réseau Transpac



Source L. Toutain

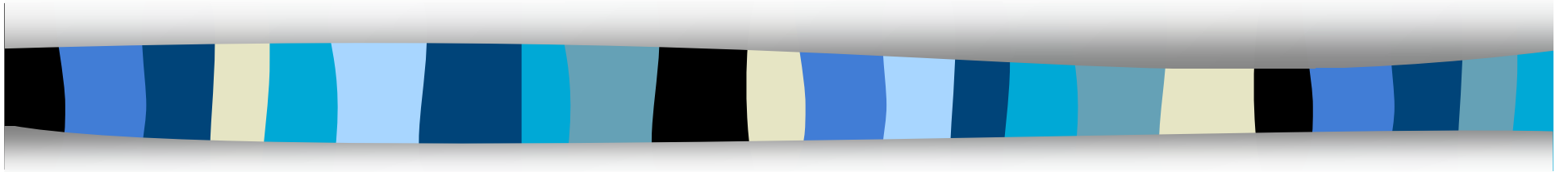
Pourquoi mettre en réseau?

■ 2: Partage des ressources!



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)

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**

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

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

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

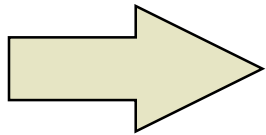
- avènement du WEB et courrier électronique
- ouverture au grand public
- ➡ marché considérable

■ 2000-

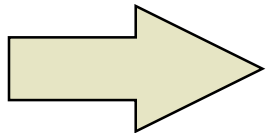
- Généralisation du WiFi (Wireless Fidelity)
- Haut-débit pour les particuliers (xDSL)
- 3G généralisé pour les mobiles

La réglementation

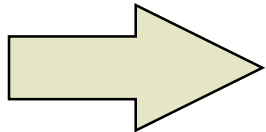
Loi de Réglementation des Télécommunications (LRT) ***Le 18 juin 1996***



- aménage la concurrence des réseaux et services
- assure le maintien et le développement du service public
- crée une **autorité de régulation indépendante (ART)**



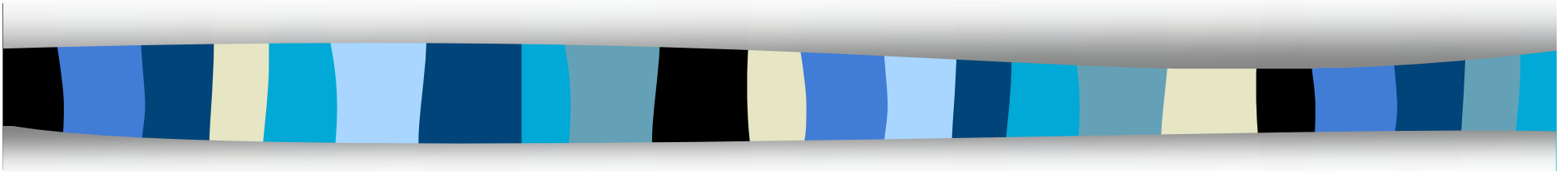
Libéralisation totale du secteur ***Le 1er janvier 1998***



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

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,...

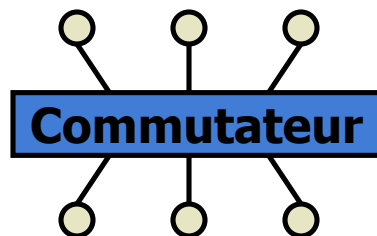
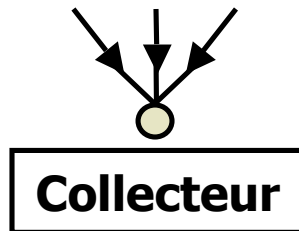
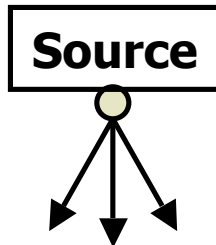
■ Selon les performances

- bande passante (débit), délais (latence)

■ Selon le type des terminaux

- réseaux téléphoniques
- réseaux d'ordinateurs
- réseaux domestiques

Les modes de diffusion



■ Diffusion 1 à N

- réseaux de radiodiffusion
- réseaux locaux

■ Collecte N à 1

- réseaux de capteurs

■ Commutation 1 à 1 parmi n

- Réseau Téléphonique Commuté

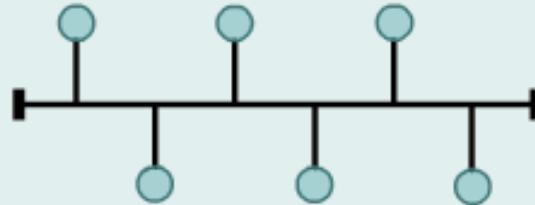
La taille

- **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

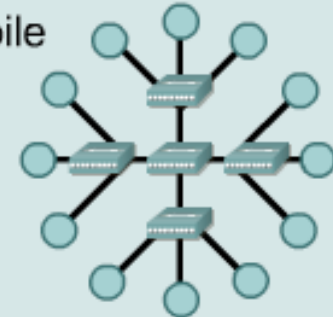
La topologie

Topologies physiques

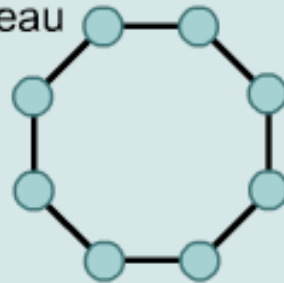
Topologie en anneau bus



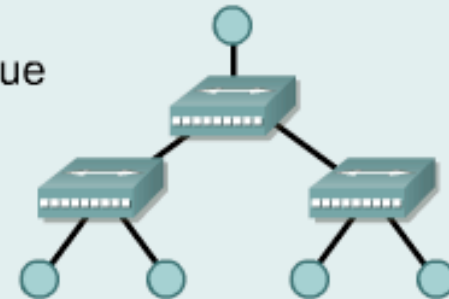
Topologie en étoile étendue



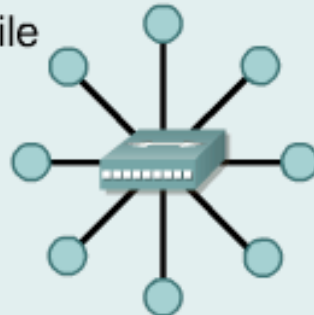
Topologie en anneau



Topologie hiérarchique



Topologie en étoile

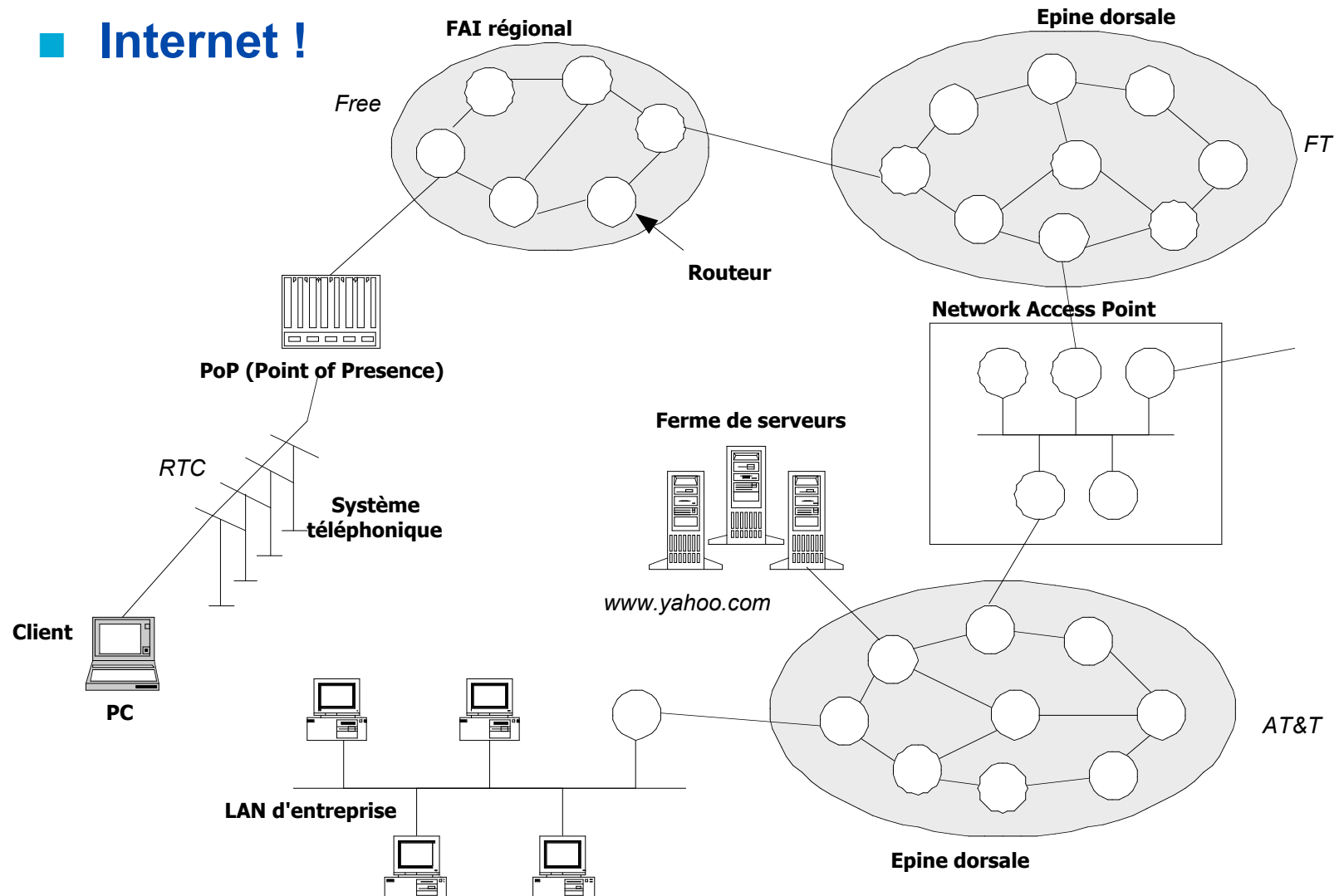


Topologie maillée

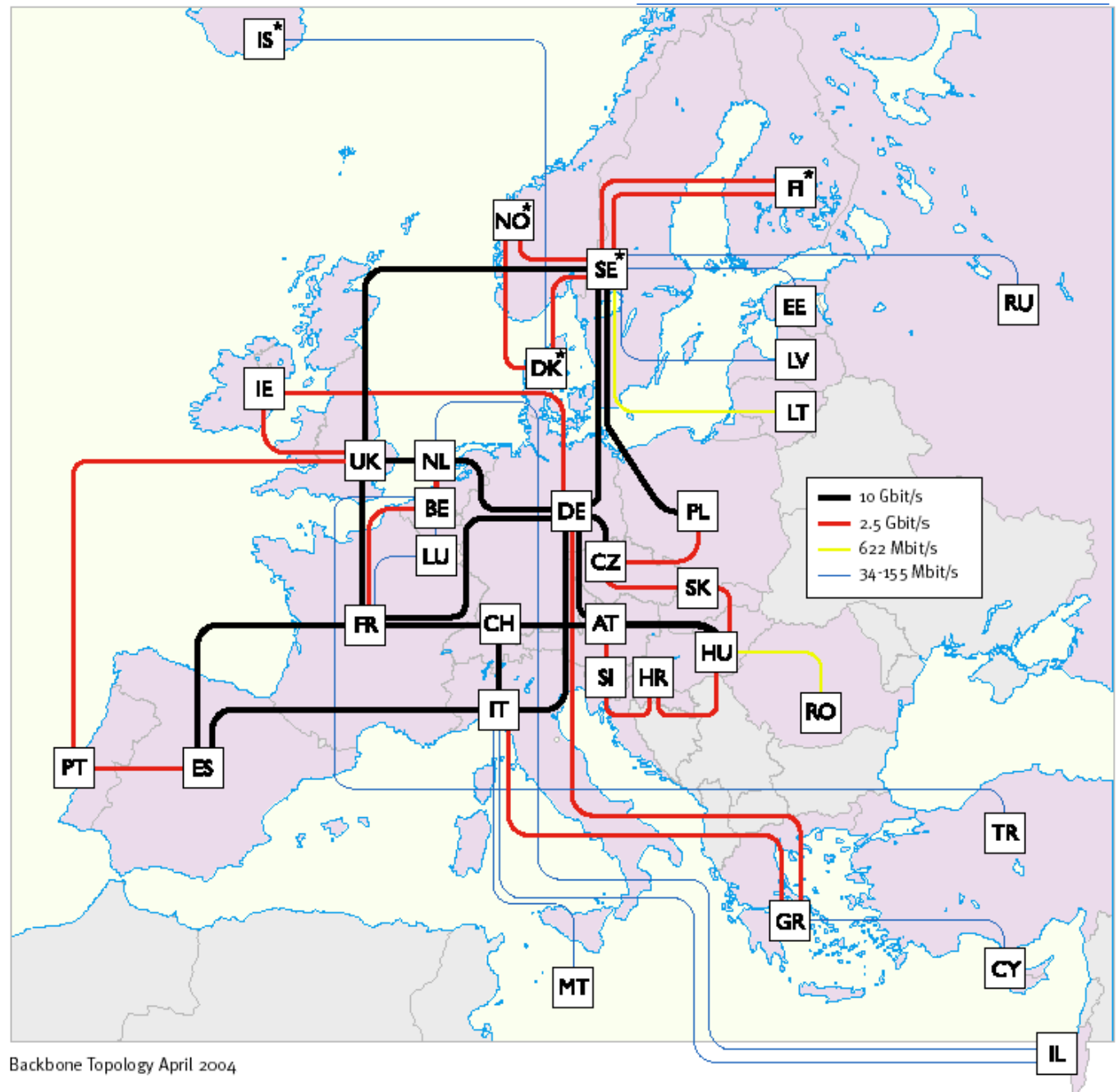


Réseaux de réseaux...

■ Internet !



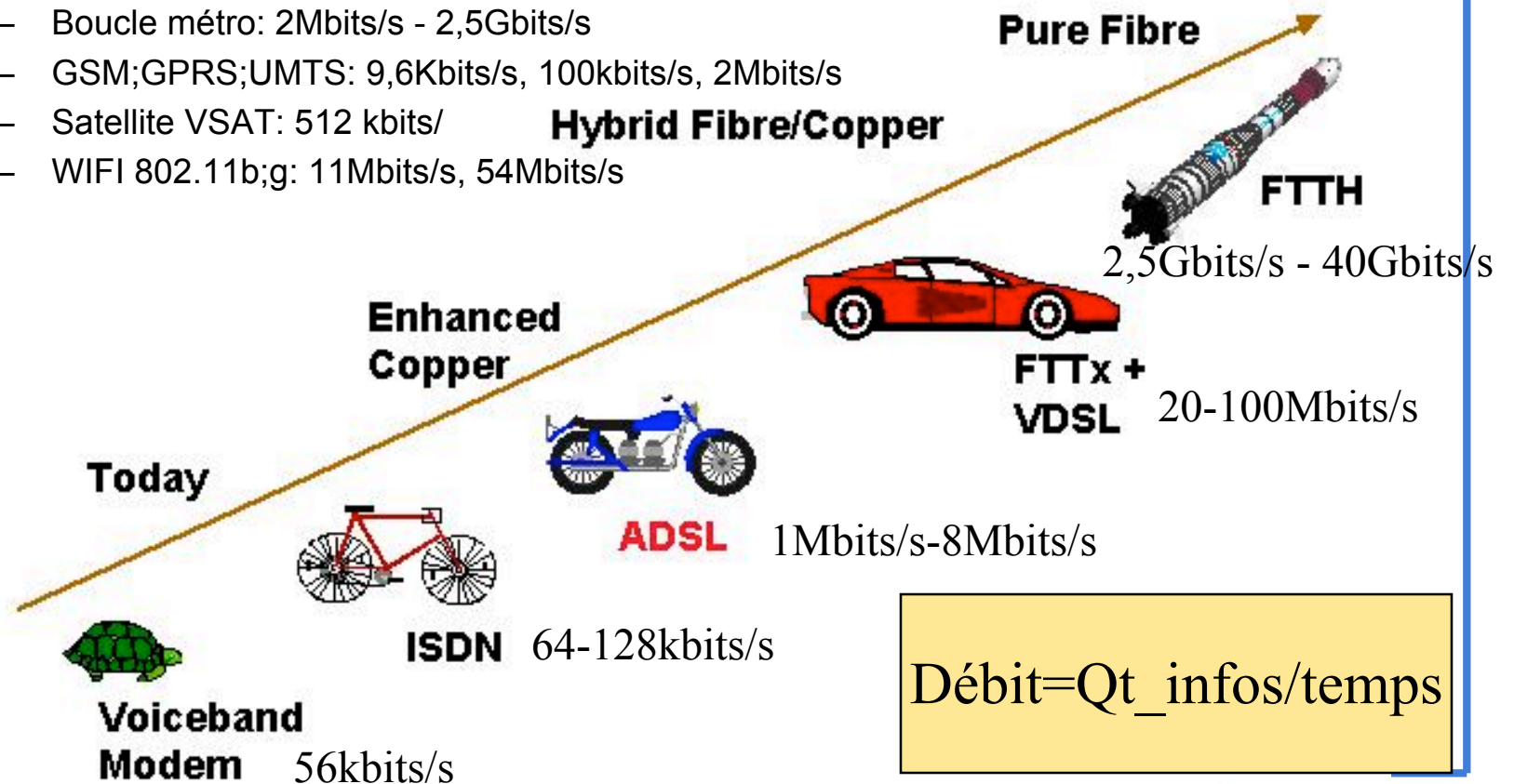
GEANT



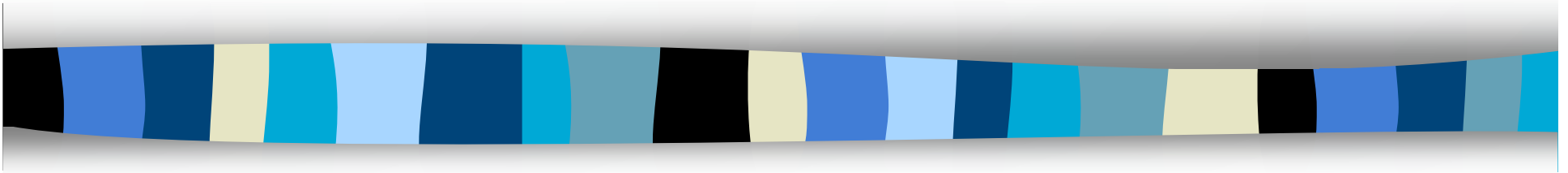
Les performances de réseaux

- **Débit** : nombre de bits que le réseau peut transporter par seconde
- **Latence** : délai pour aller de la source à la destination
- **Débit en bits/s, kbits/s, Mbits/s, Gbits/s, Tbits/s...**

- Modem RTC: 56kbits/s, ADSL: 1-20Mbits/s
- Ethernet LAN: 10Mbits/s - 10Gbits/s
- Boucle métro: 2Mbits/s - 2,5Gbits/s
- GSM;GPRS;UMTS: 9,6Kbits/s, 100kbits/s, 2Mbits/s
- Satellite VSAT: 512 kbits/
- WIFI 802.11b;g: 11Mbits/s, 54Mbits/s

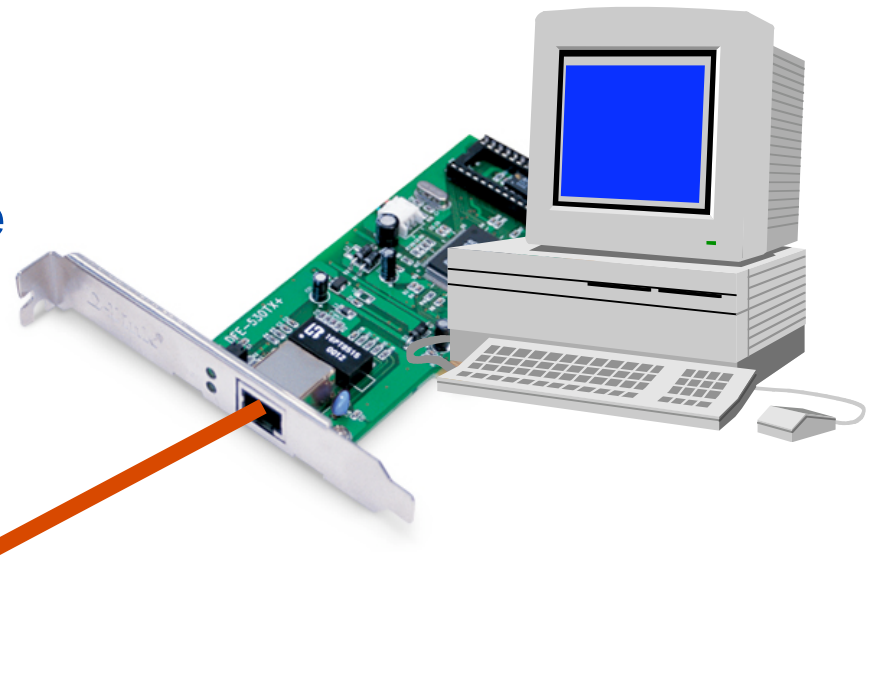


Regardons sous le capot!



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

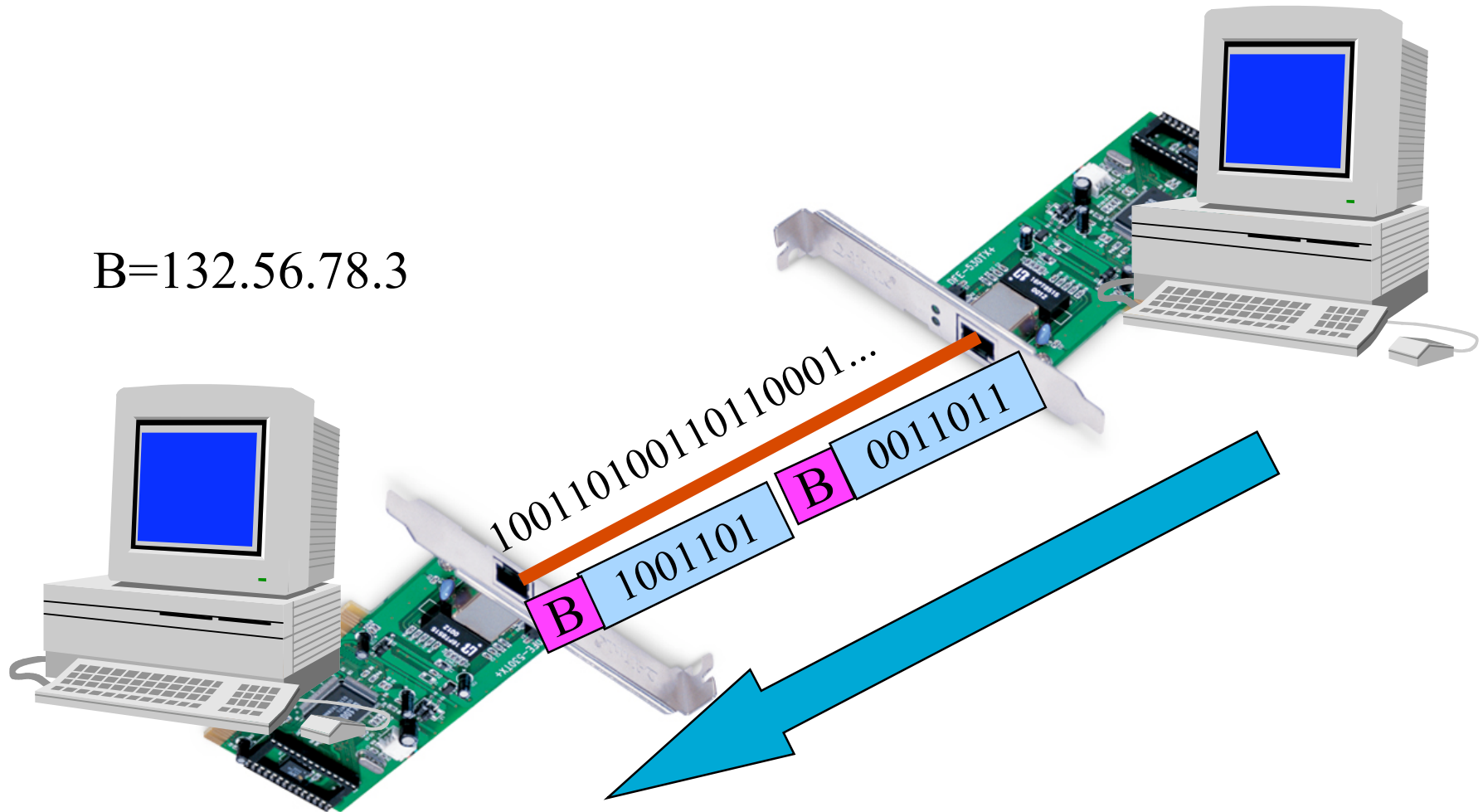
- Finit le « je branche donc j'existe », il faut savoir ce qu'il y a derrière
- Qu'y a t-il sur une carte réseau?
- Qu'y a t-il sur votre ordinateur?
- Qu'y a t-il derrière le fil?



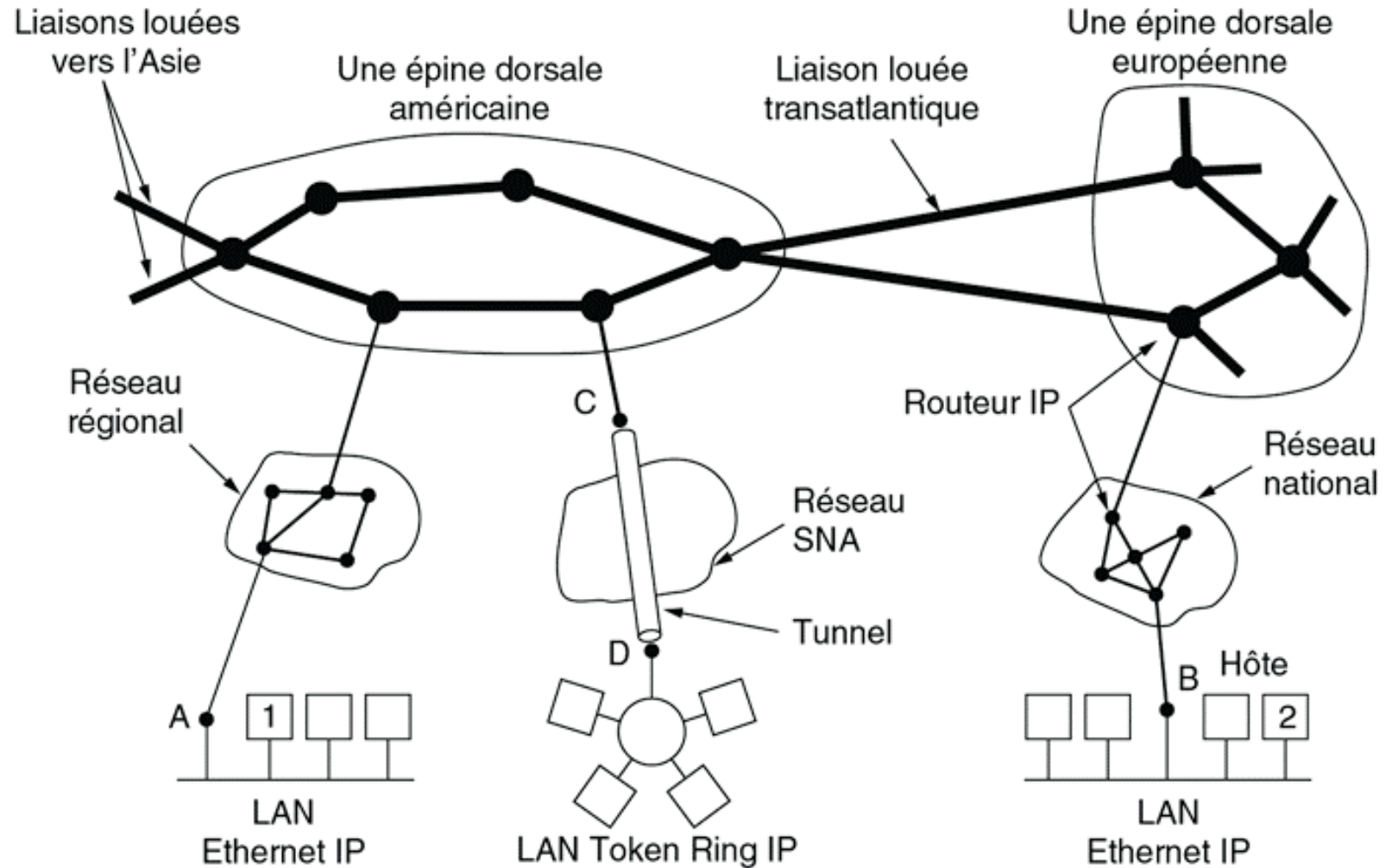
Flux de données, paquets, adresse IP,...

A=234.89.67.3

B=132.56.78.3

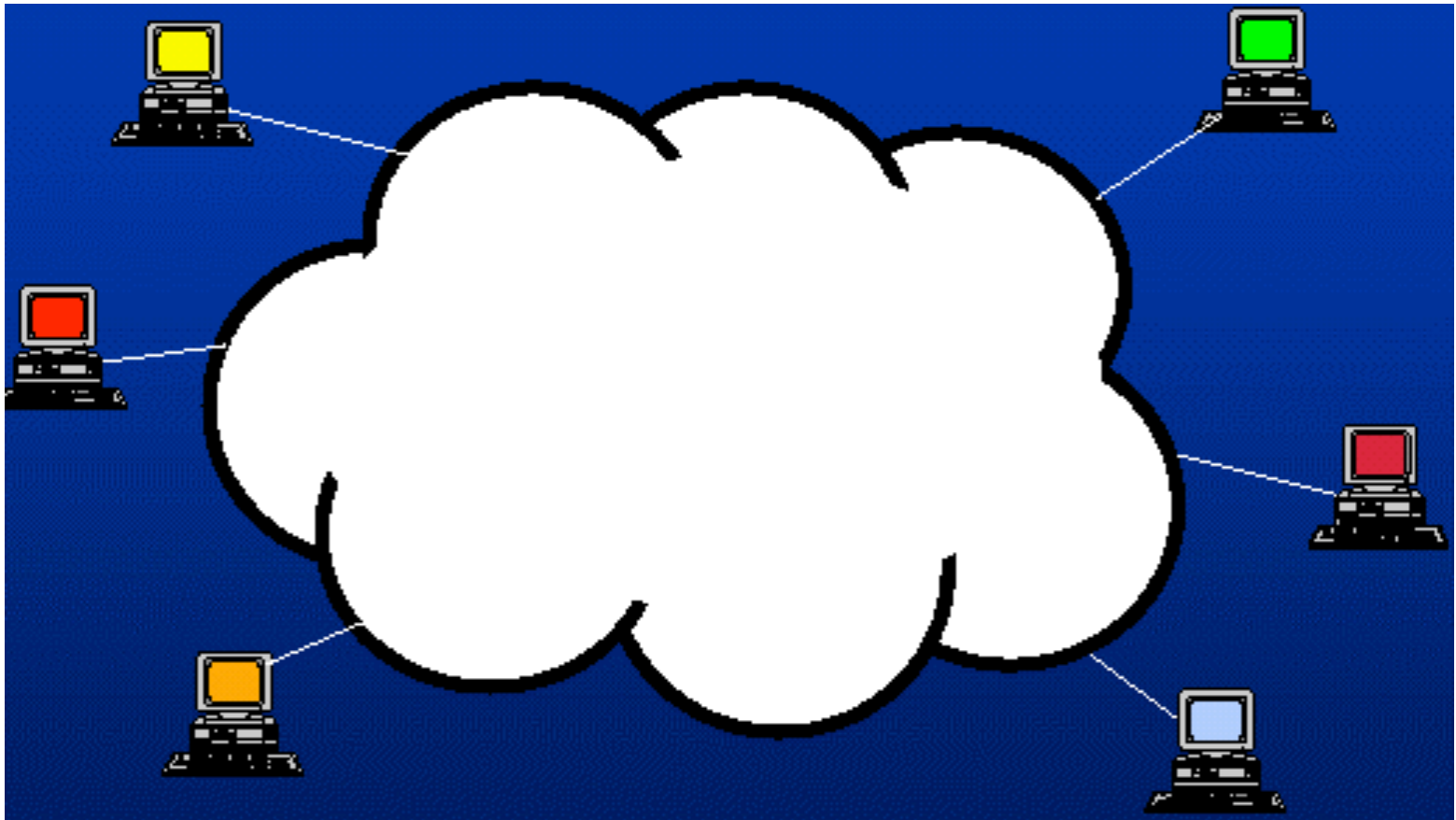


Pour fixer les idées: l'Internet (1)



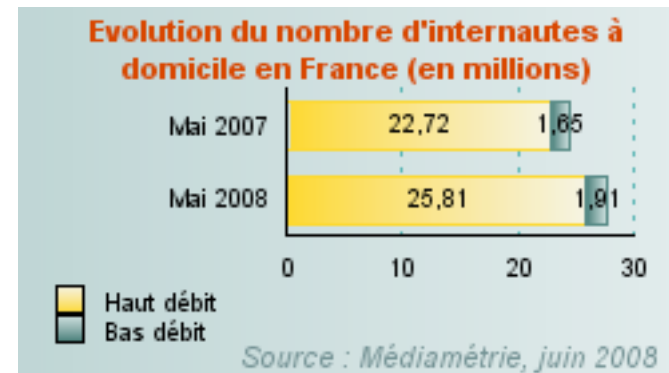
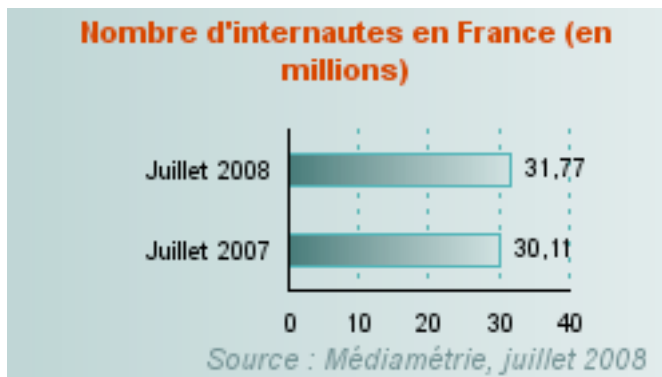
l'Internet, c'est plein de réseaux connectés !

L'Internet du point de vue de l'utilisateur

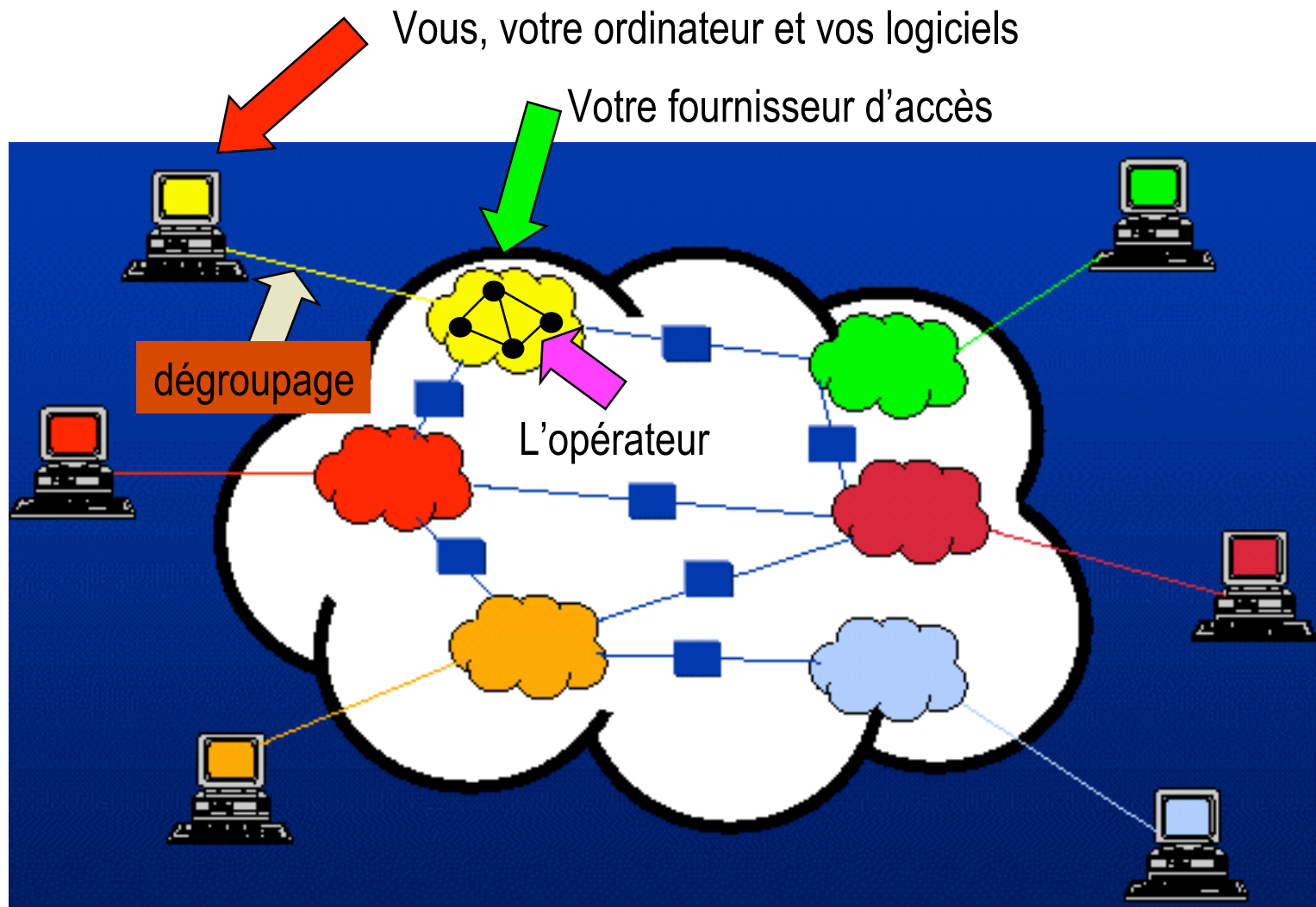


Les acteurs de l'Internet

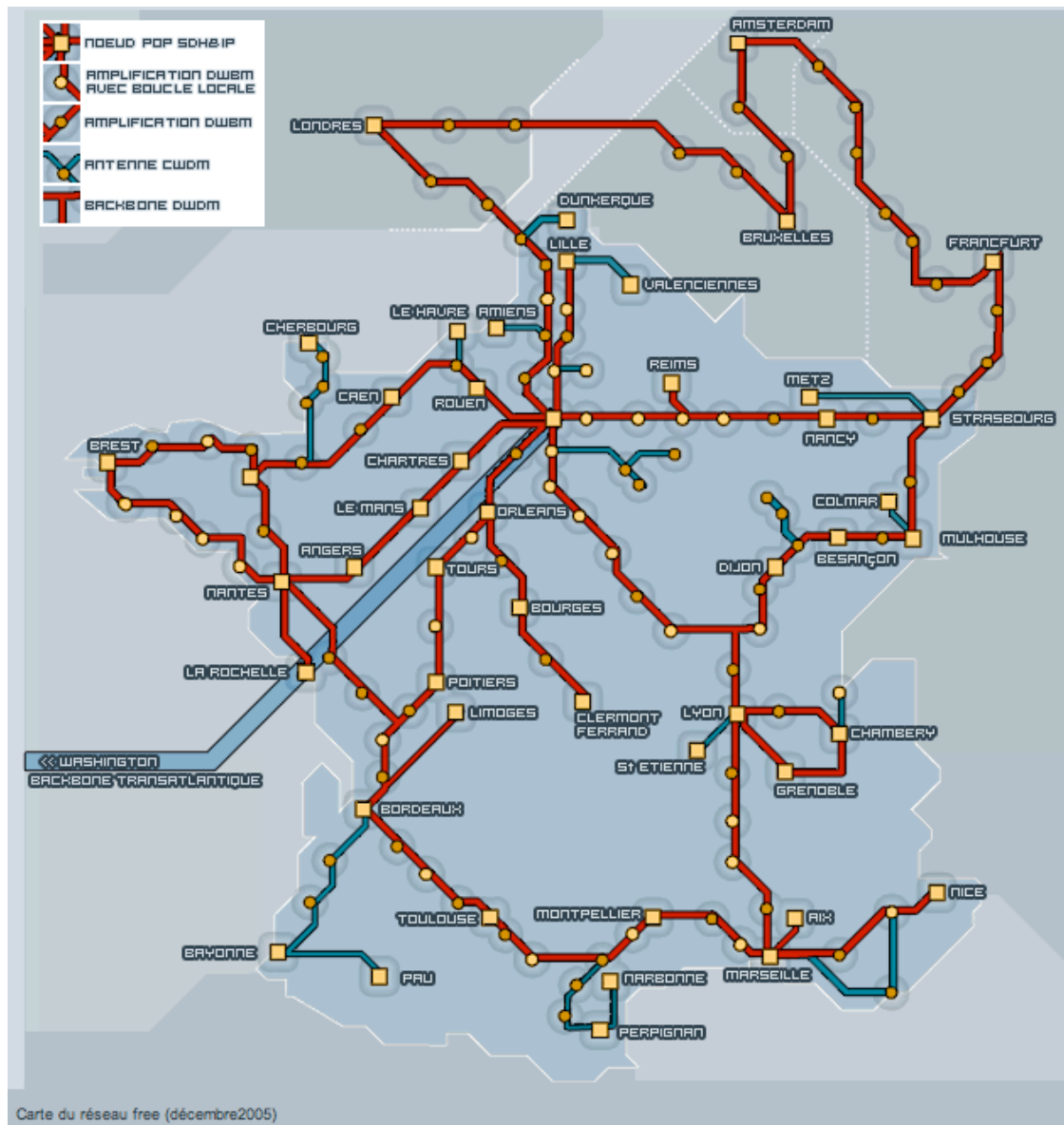
- Les usagers (moi, vous, votre papa, votre maman,...)
- Les fournisseurs d'accès (wanadoo, free, 9telecom,...)
- Les opérateurs (FranceTelecom, ...)
- Les fournisseurs de services et applications (Google, Yahoo,...)
- Les ordinateurs et les logiciels



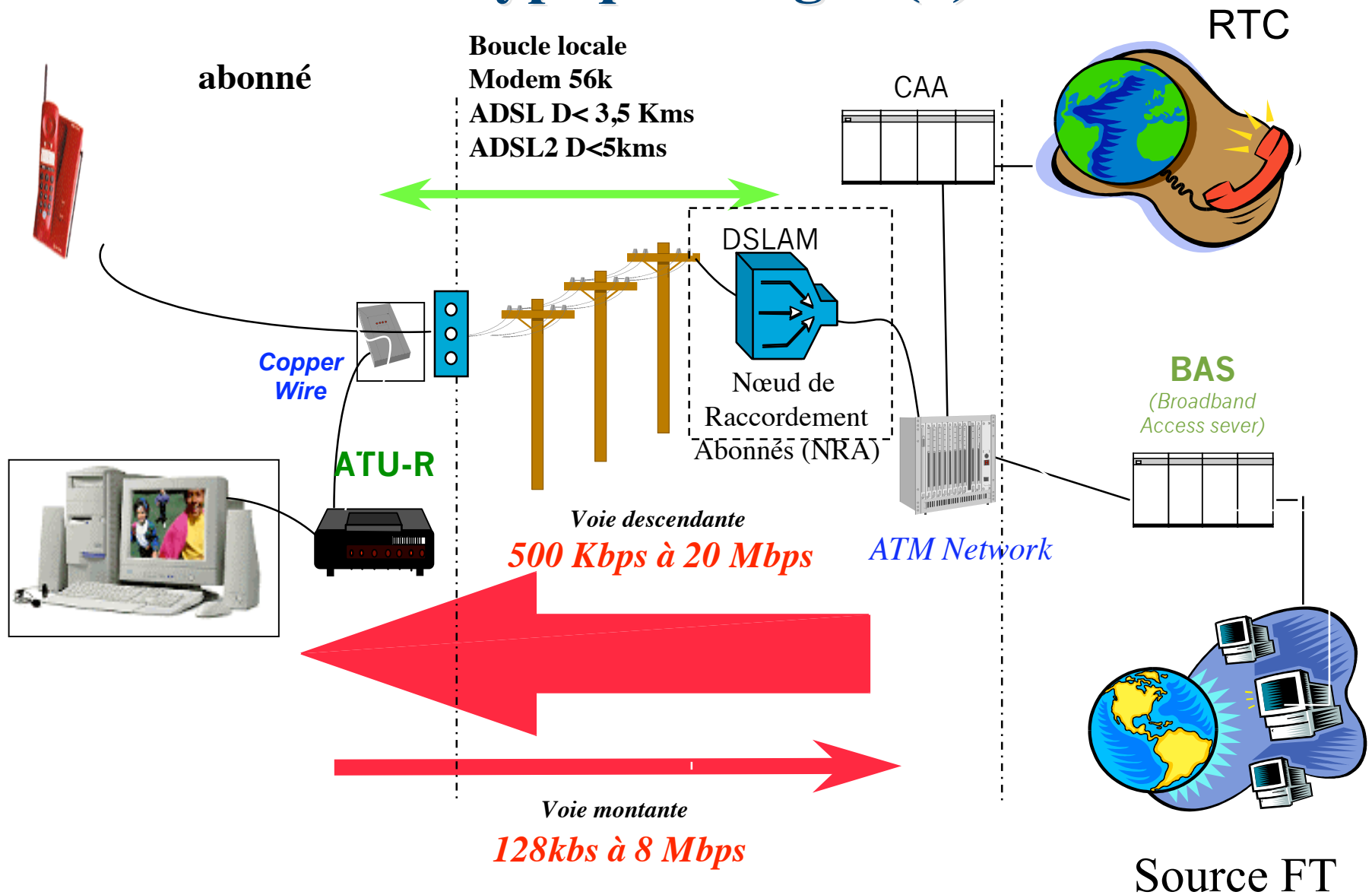
L'Internet, en vrai...



Exemple, le réseau de Free

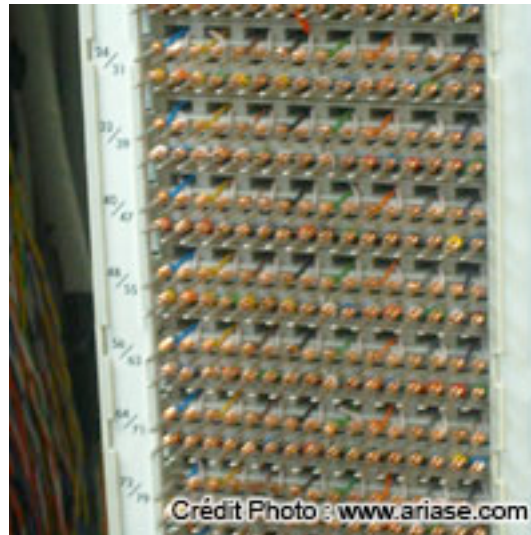


Raccordement typique usager (1)



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.

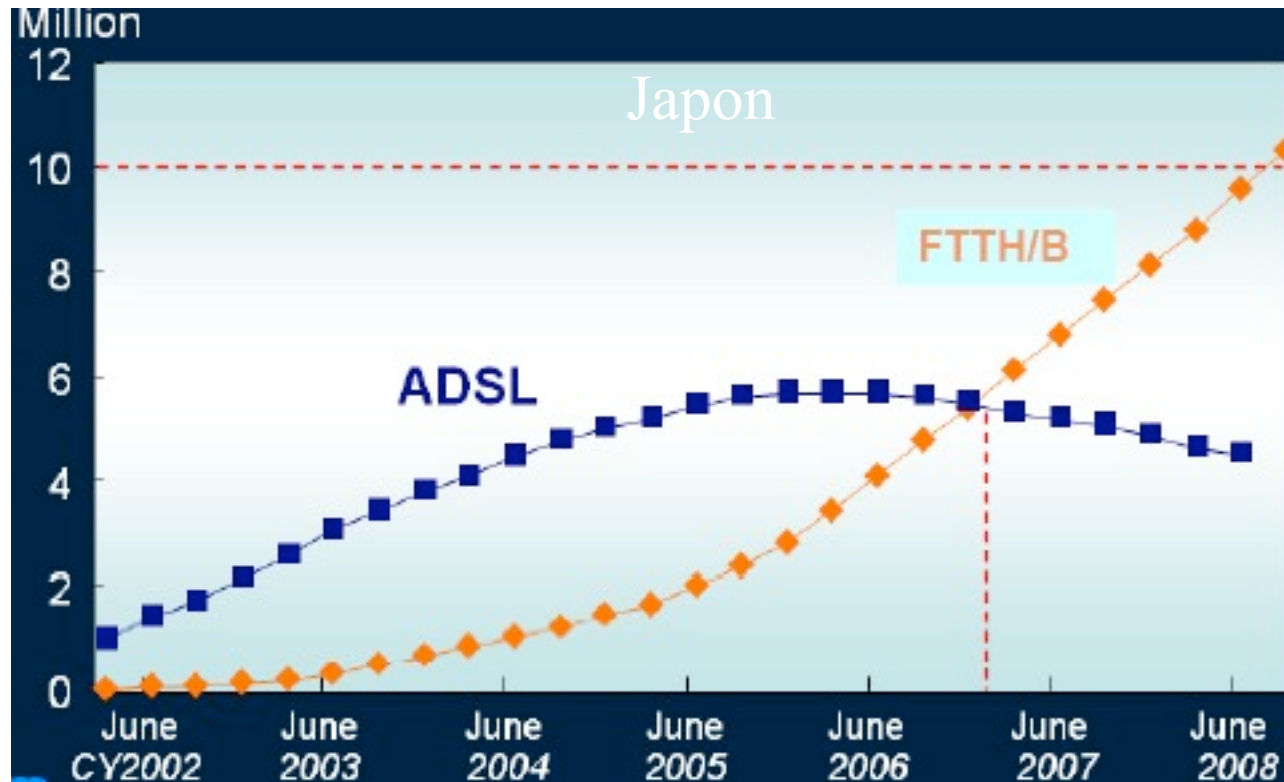


Le DSLAM est donc le premier équipement ADSL géré par un autre FAI que France Télécom (dans le cas du dégroupage), et sur lequel les opérateurs gèrent le trafic Voix et le trafic Data (données IP). Le DSLAM est également la dernière étape pour la paire de cuivre. Une fois concentrées dans les DSLAM, 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>

Vers les réseaux fibre optique

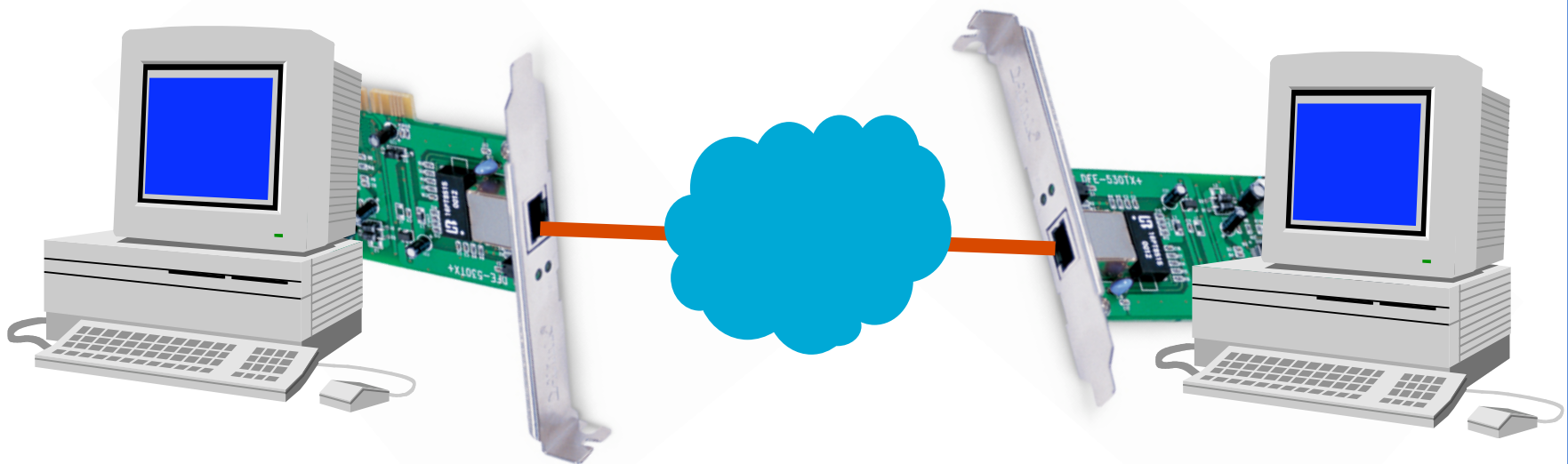
- FTTH: Fiber To The Home
- À Pau, Pau Broadband Country!
- Dans certains pays, la fibre dépasse l'ADSL!



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!

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?

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 SMTPP sortant (Simple Mail Transport **Protocol**)
- Serveur HTTPP (Hyper Text Transport **Protocol**)
- Télécharger par FTPP (File Transfer **Protocol**)
- TCP/IP (Transport Control **Protocol**/Internet **Protocol**)
- et pleins d'autres!!

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 deservice, de même que décrocher et raccrocher le téléphone.

■ Protocole

- Un protocole est une implémentation d'un service. Il définit un ensemble de règle, 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.

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
 - $Z = 600 \text{ W}$
 - 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)
 - $Z = 12 \text{ kW}$
 - 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.

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>

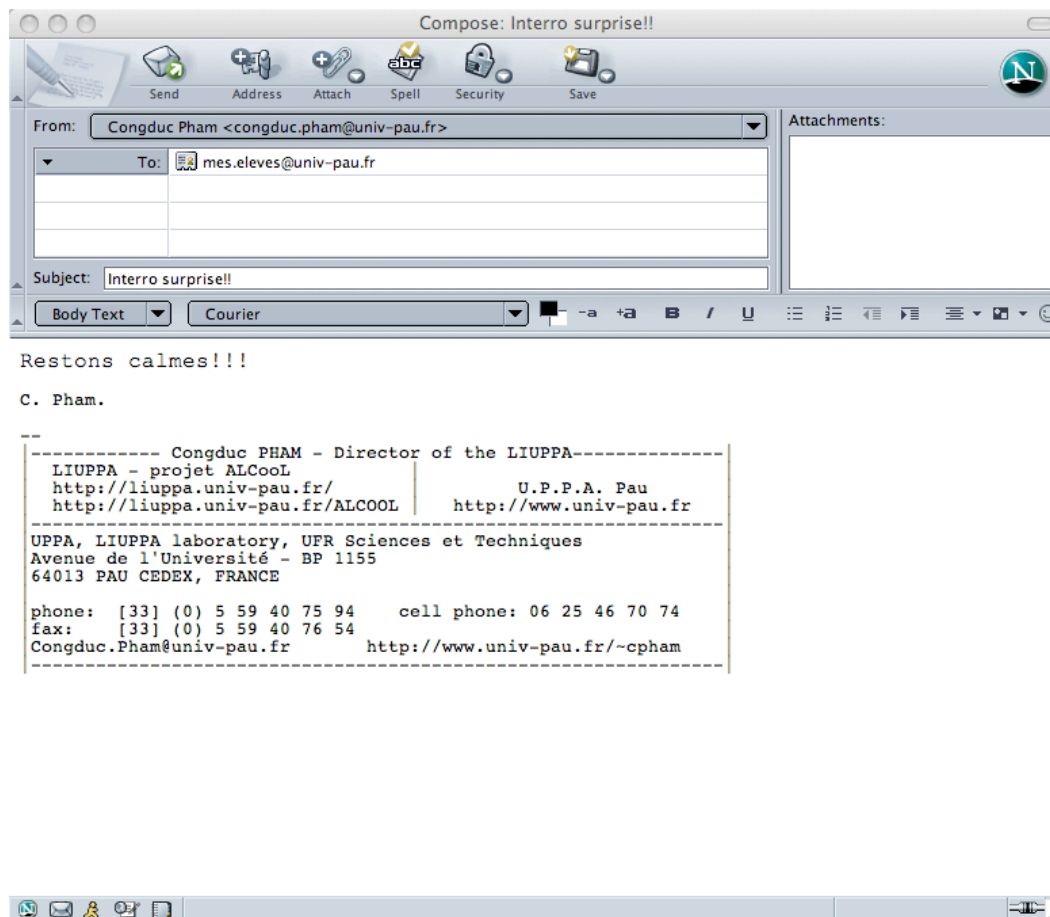
Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 140ms, Maximum = 166ms, Average = 152 ms

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

Exemple intermédiaire: l'e-mail (courriel)

- Envoie d'un message (texte+attachement) vers un récepteur, dans une « boîte aux lettres »



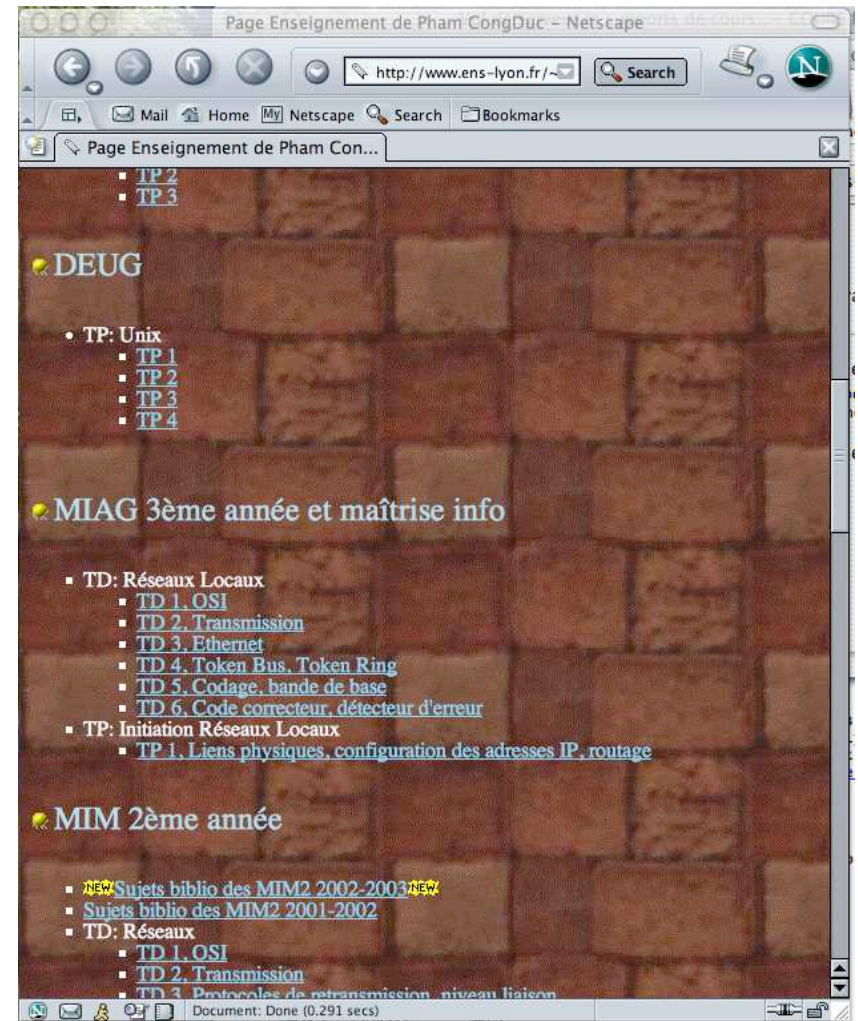
Qui reçoit mes mails?

Vers qui j'envoie mes mails?

Comment j'envoie mes mails?

Exemple plus complexe

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

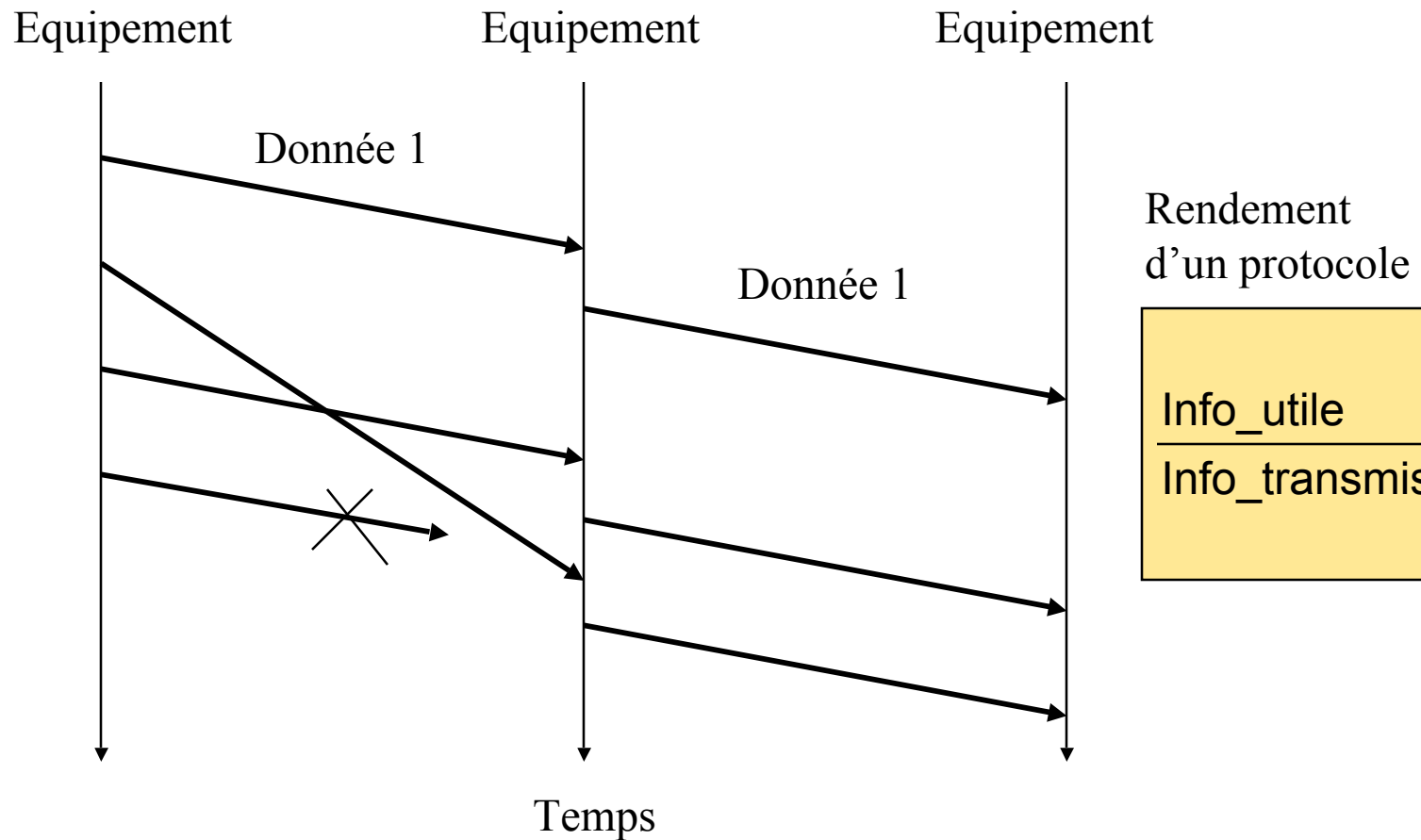


Découpage de l'information en paquets

- **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.**

Représenter les échanges de données

■ Le chronogramme



Mode connecté ou non connecté?

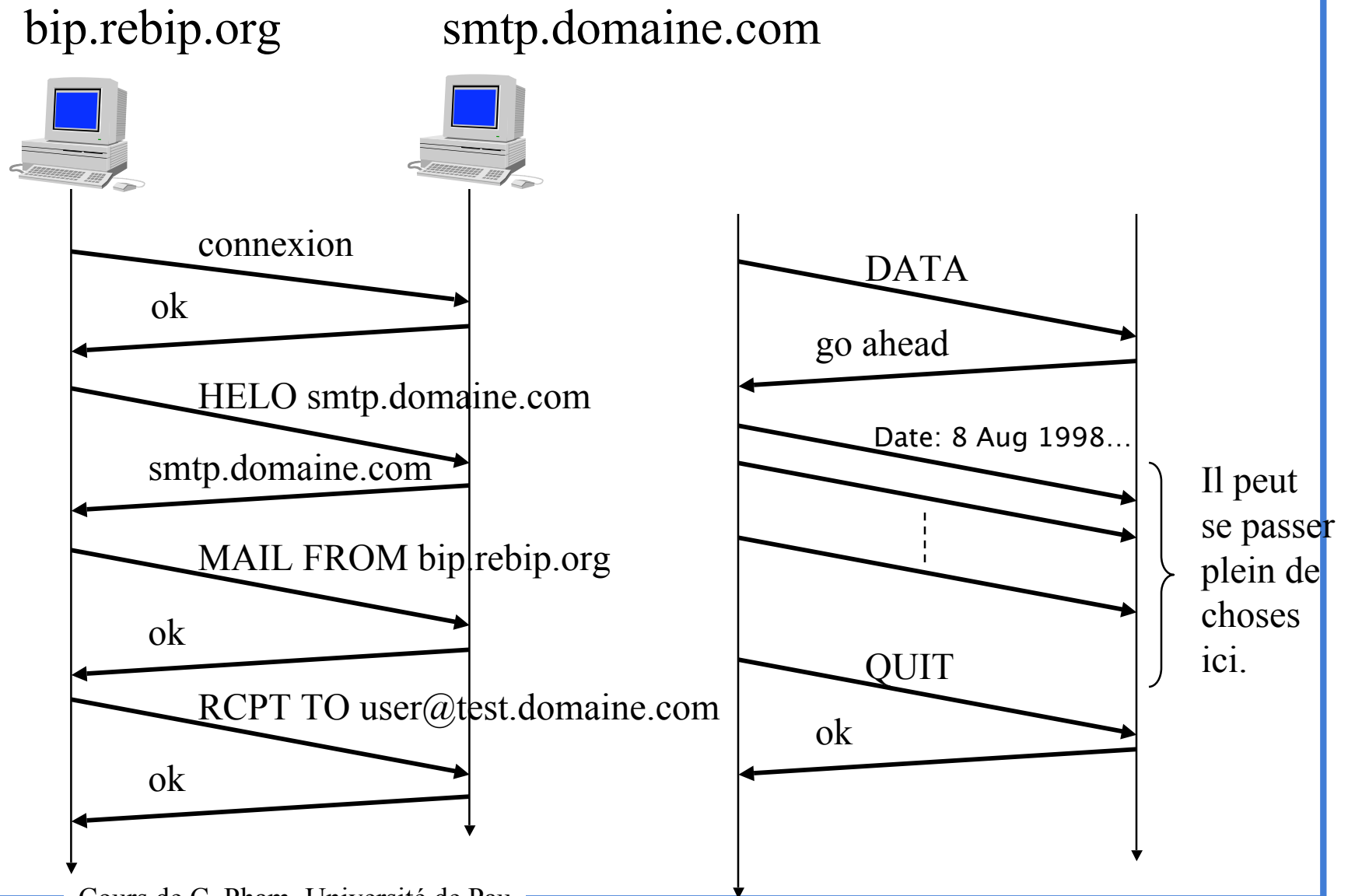
■ Connecté

- Le mode connecté nécessite une phase d'établissement de connexion. Celle-ci peut être lourde et pénalisante mais permet en contre-partie une négociation. En général, le mode connecté doit préserver l'ordre des paquets d'information et la fiabilité.

■ Non-Connecté

- Le mode non-connecté permet l'envoi de données sans établissement de connexion. Chaque paquet est indépendant des autres et peut suivre plusieurs chemins différents. On peut avoir un mode non-connecté avec accusé de réception (lettre recommandée par exemple).

Ex: le courriel (e-mail)



Commutation de circuits, de paquets.

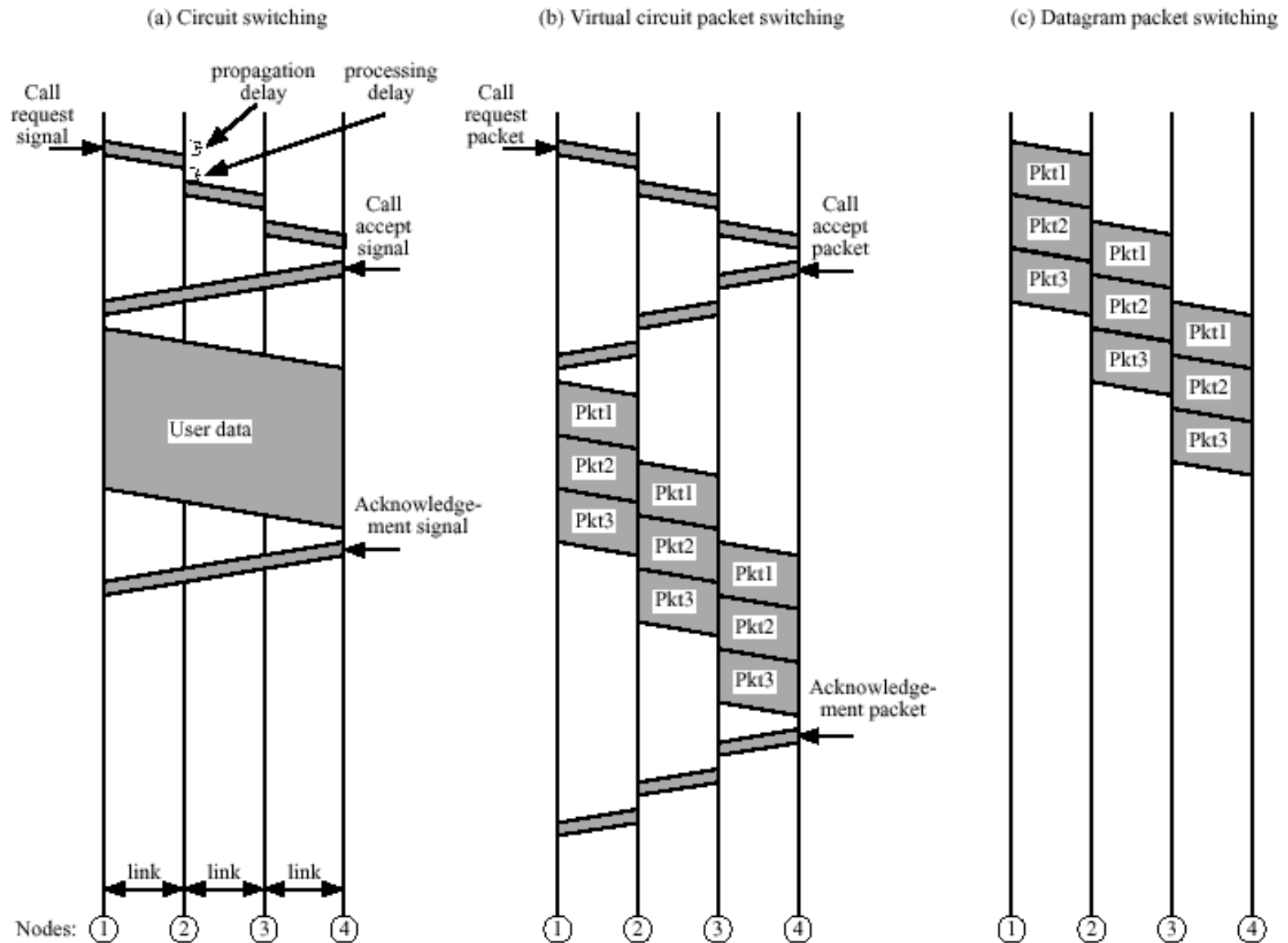
■ Commutation de circuits

- 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**.

Récapitulatifs avec des chronogrammes



Les nouvelles technologies

- **Réseaux très haut-débit à multiplexage en longueur d'ondes (plusieurs Gbits/s)**
 - Projet VTHD en France
 - Projet Abilene, vBNS aux US
 - CA*net au Canada
 - ...
- **Réseaux tout optique, commutation optique**
- **Qualité de Service sur l'Internet**
- **Les nouvelles architectures de réseaux métropolitains**
- **VDSL (et plus) pour la boucle locale**

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,...

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.