

Réseaux

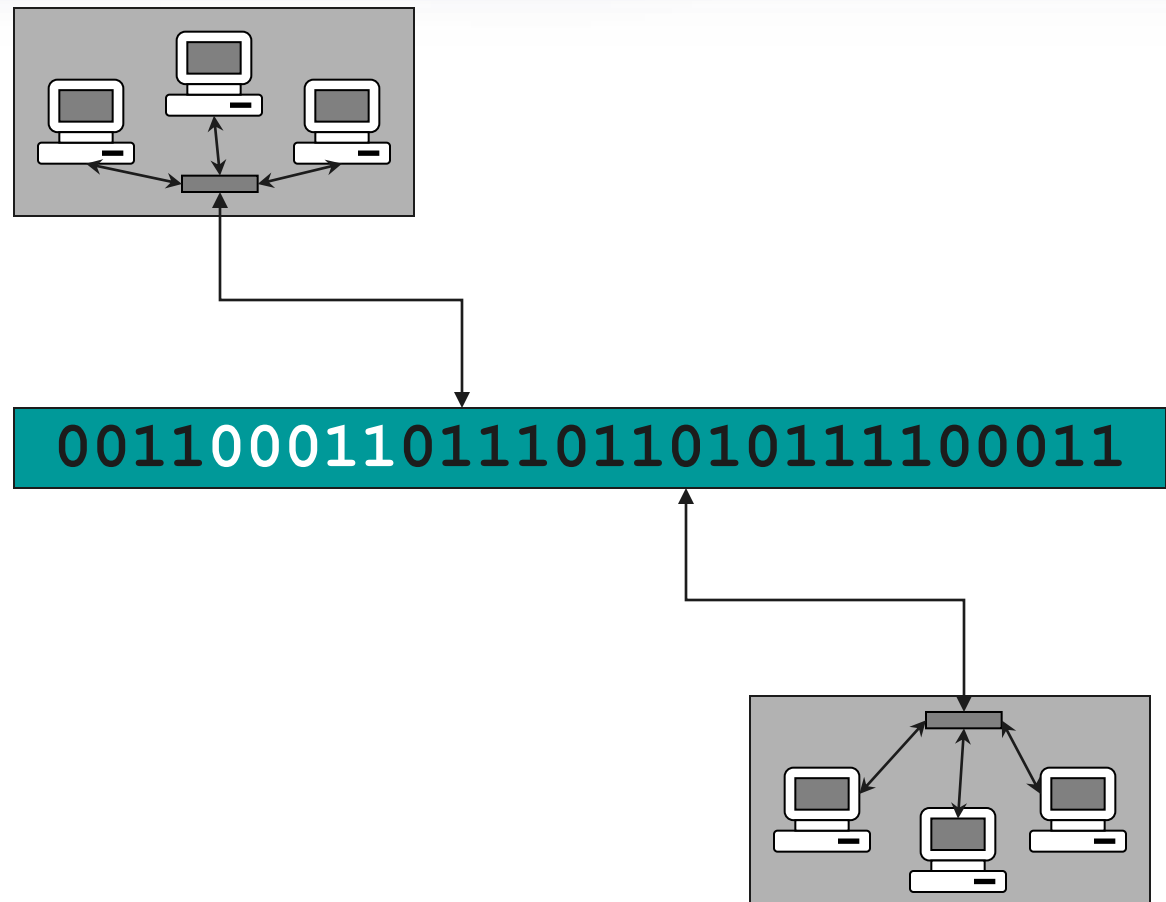
M1 Architecture de l'Information
Remise à niveau en informatique
Lionel Médini



Objectifs des cours et des TP (partie Web)

- ❑ Découvrir ce qu'est le Web et comment ça marche
 - environnement réseau
 - mécanismes de base du Web
- ❑ Être capable de
 - créer une page Web simple
 - langage XHTML
 - mettre en forme une page ou un ensemble de pages
 - langage CSS niveaux 1 et 2
 - rajouter des contenus dynamiques dans une page
 - scripting côté client
 - créer un site Web basique
 - installation d'un serveur
 - publication de contenus
 - scripting côté serveur

À partir de quand est-on en réseau ?



Partager / transmettre des données

- ❑ Pour travailler en groupes
- ❑ Mise en commun de fichiers
 - copie
 - exécution
 - modification
- ❑ Le partage nécessite la gestion des accès concurrents

Partager des ressources matérielles

❑ Autres machines

- la machine d'à côté (réseau local)
- machine lointaine (réseau « externe »)

❑ Périphériques

- imprimantes
- scanners, photocopieuses

❑ Unités de stockage

- sauvegardes, récupérations
- bandes magnétiques, lecteurs magnéto-optiques, graveurs de CD-ROMs...

❑ Puissance de traitement (calcul)

- processeurs
- mémoire

Partager des ressources logicielles

□ Utiliser des « services »

- serveurs de fichiers
- serveurs de bases de données
- serveurs d'applications
- serveurs de calculs

Rationaliser les coûts

- ❑ Logiciels / progiciels
 - 1 pour n machines
 - licences site
 - jetons (m licences)
- ❑ Périphériques
 - 1 pour n utilisateurs
- ❑ Services
 - abonnements ou forfaits
- ❑ Maintenance logicielle
 - plusieurs installations identiques

Gérer un parc de machines

❑ Connexion de plate-formes multiples

- Mac, PC, stations de travail

❑ Avec des systèmes d'exploitation multiples

- Unix, Linux, Windows, MacOS...

❑ Services

- sauvegardes automatisées
- sécurisation centralisée
 - lutte contre intrusion, piratage, malveillance, destruction, virus...

Communiquer

- ❑ Courrier électronique
- ❑ World Wide Web
- ❑ Téléphone, télécopie, fax
- ❑ Vidéo, visio-conférence
- ❑ Chat : MSN, ICQ, Skype, ichat...

Composants matériels (1/4)

On a besoin de quoi pour créer un réseau ?

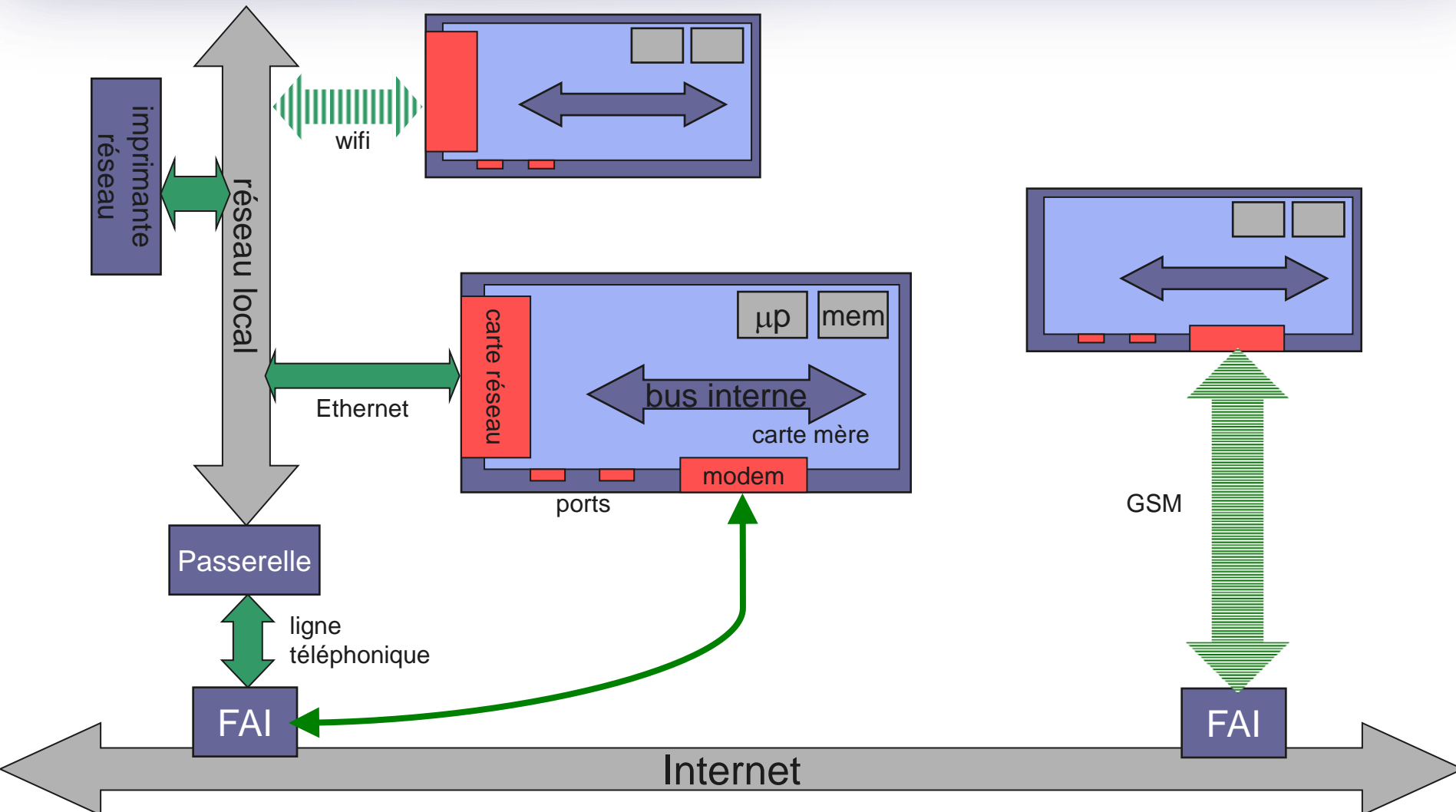
□ Une machine « de base »

- unité centrale, écran, clavier, souris, lecteur de disquette, de CD-ROM, disque dur interne...
- ports série (pour souris, clavier...)
- ports parallèles (imprimante)

□ Connexion réseau

- carte Ethernet (câble)
- Wifi (*Wireless Fidelity*, ondes radioélectriques)
- Modem (téléphone)

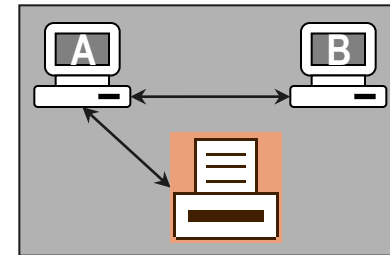
Composants matériels (2/4)



Composants matériels (3/4)

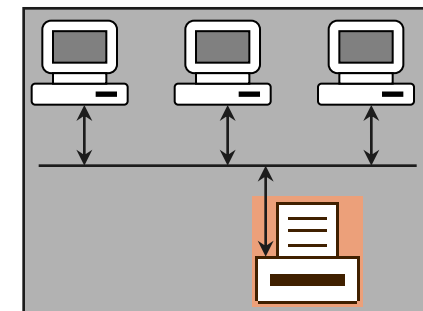
❑ Périphériques utilisables en réseau

- imprimante standard
- unités de stockage
- graveurs de CD-ROM...
- ressources partagées



❑ Périphériques réseau

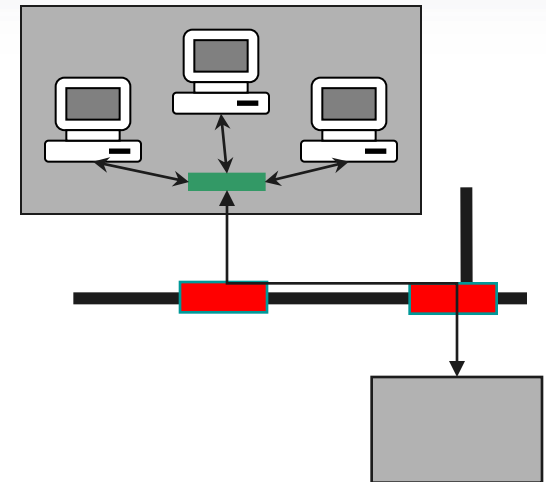
- imprimante réseau
 - logiciel réseau
 - interface réseau (connexion)
 - processeur
 - mémoire vive (plus que dans les imprimantes standard)



Composants matériels (4/4)

❑ « Interfaces »

- entre machines
 - répéteurs
 - concentrateurs (« hubs »)
- entre (sous-)réseaux
 - routeurs (aiguillage des données)
 - passerelles (réseaux non-homogènes)



❑ Connectique

- câble réseau (RJ 45)
- fibre optique
- ondes radio (GSM, satellite, Wifi)
- infra-rouge...
- exemples
 - réseau téléphonique
 - RNIS
 - ADSL

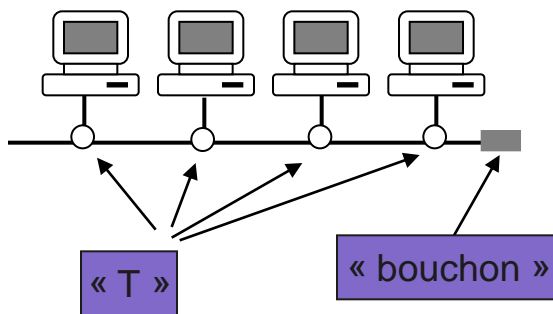
Composants logiciels

❑ Le fonctionnement d'un réseau nécessite

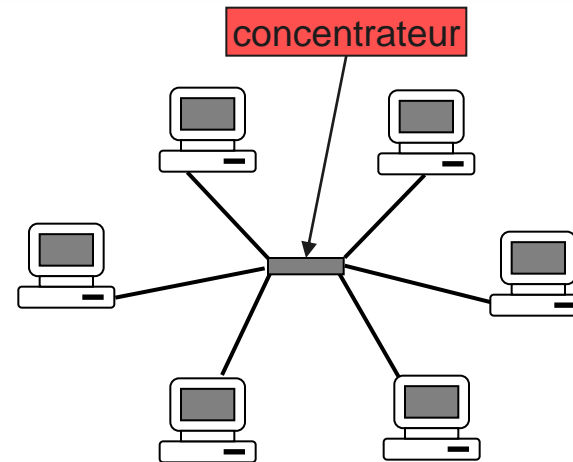
- un système d'exploitation réseau
 - Windows (3.11, 9x, NT, 2000, XP, 7), Linux / Unix, MacOS...
- un pilote de carte réseau (driver)
 - pour contrôler la carte réseau
- des protocoles de communication
 - **TCP/IP (Unix, puis Windows et Mac) - le plus utilisé**
 - AppleTalk (Apple)
 - IPX/SPX (Novell) - pour les gros serveurs de calcul

Types d'architectures physiques

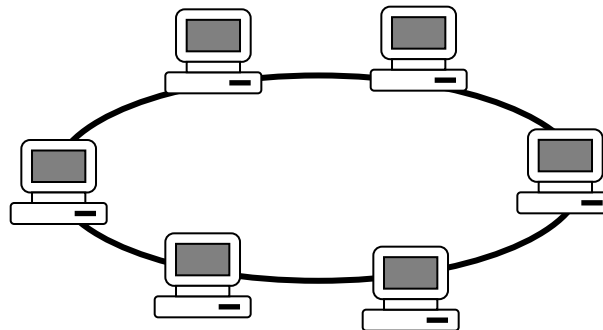
en bus



en étoile



en anneau (*token ring*)



Architectures physiques hybrides

- ❑ En pratique, plusieurs types d'architectures élémentaires en même temps
 - Exemple : réseau d'une université
 - configuration en étoile dans les salles de TP
 - configuration en bus entre les salles de TP
- ❑ Généralité : réseaux de grande échelle
 - les réseaux de réseaux
 - Internet
 - Intranets

Architecture logique locale

□ Une machine peut entretenir plusieurs communications avec différentes machines pour réaliser différentes tâches

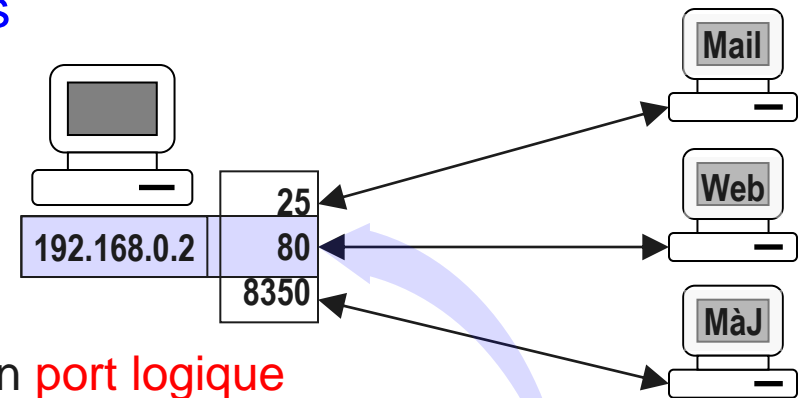
- Mail
- Web
- Mises à jour système...

□ Notion de port

- Chaque communication est rattachée à un **port logique** qui va permettre à un programme donné d'y accéder
- À chaque port est attribué un numéro sur 16 bits (soit 65536 ports au total)

□ Notion de socket

- L'« extrémité » d'une connexion réseau est décrite par
 - l'adresse de la machine
 - le numéro de port correspondant à cette connexion
- Exemple : 192.168.0.2:80

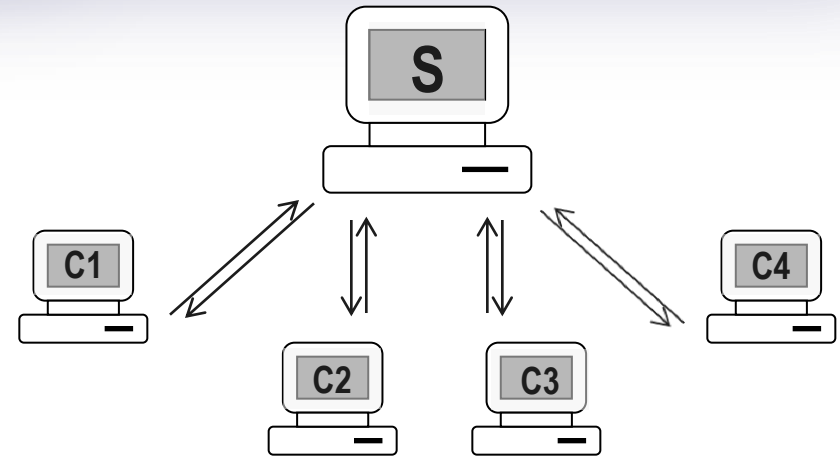


Types d'architectures logiques

□ Asymétrique

➤ Client – serveur

1. Le serveur attend
2. Le client envoie une **requête**
3. Le serveur calcule une **réponse** et la renvoie au client



□ Symétrique

➤ Poste à poste (**pair à pair**)

- Communication bidirectionnelle à l'initiative de n'importe quel pair



Réseaux types

❑ LAN (Local Area Network)

- pas un réseau au sens strict (pas de résolution d'adresses hiérarchique)
- organisation en poste à poste, client-serveur
- pour relier quelques machines (<100) dans la même salle, voire le même bâtiment

❑ MAN (Metropolitan Area Network)

- organisation client-serveur
- pour relier plusieurs sous-réseaux dans la même ville ou région (ex : ROCAD UCBL)

❑ WAN (Wide Area Network)

- relie souvent entre eux LANs et MANs (RENATER, Internet)
- organisation client-serveur

Internet

❑ Réseau mondial de diffusion de l'information

- naissance à la sortie de la 2^{de} guerre mondiale
 - communication possible même en cas de panne de certains nœuds du réseau (en cas de guerre)
 - système d'exploitation Unix

❑ Premières applications

- courrier électronique (mail)
- transfert de fichiers (ftp)
- forum de discussion (Usenet)

❑ Aujourd'hui : des dizaines de milliers de réseaux interconnectés

- d'architectures différentes
- d'organisations différentes

Bref historique d'Internet

- ❑ **1959-1968 : Programme ARPA**
 - le ministère américain de la défense lance 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
- ❑ **1986 : Les autoroutes de l'Information**
 - la National Science Fondation déploie 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
- ❑ **1993-2003 : L'explosion d'Internet**
 - ouverture au grand public
 - avènement du WEB et du courrier électronique } marché considérable

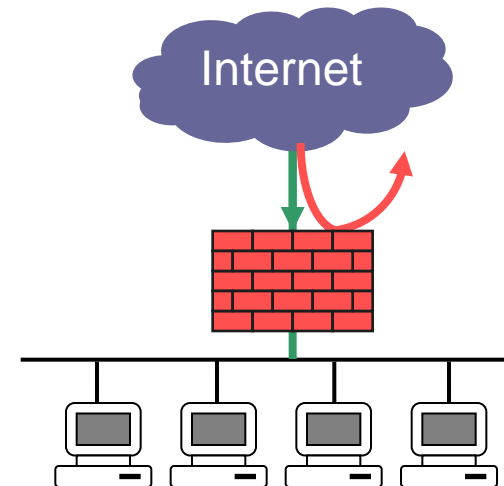
Intranet

- ❑ Architecture réseau s'appuyant sur les technologies Internet (IP) à l'échelle d'une entreprise ou d'un organisme
 - ensemble de machines et d'infrastructures réseau se trouvant dans le domaine de l'organisation
 - existence d'une « frontière » entre l'intérieur et l'extérieur
- ❑ Avantages (pour l'équipe d'administration)
 - technologies Internet : simples, robustes, documentées
 - gestion / sécurisation des communications avec l'extérieur
 - zone de **confidentialité** pour les machines à l'intérieur
- ❑ Inconvénients
 - gestion des machines « nomades »...
- ❑ Ne pas confondre
 - architecture physique d'un intranet et site Web institutionnel

Pare-feu (*firewall*)

❑ Dispositif de protection contre l'intrusion

- permet de protéger un réseau privé du réseau public
- vérifie et contrôle le flux d'informations
 - source
 - destination
 - protocole
 - (ports logiques de la machine destinataire)
- bloque les flux non souhaités



Cache Web

❑ Cache (proxy)

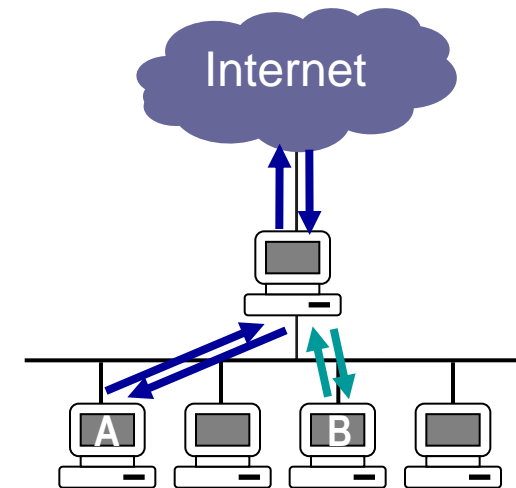
- serveur qui agit pour plusieurs « clients »
- le cache reçoit des requêtes de pages Web d'une machine A ; il obtient ces pages, les retourne à A et les mémorise
- si une autre machine B demande ensuite une de ces pages, le cache retourne à B la dernière version qu'il en a en mémoire

❑ Avantages

- optimise le temps de réponse
- limite les contacts directs
- sécurise les réseaux internes

❑ Inconvénients

- requêtes multiples sur cible unique...



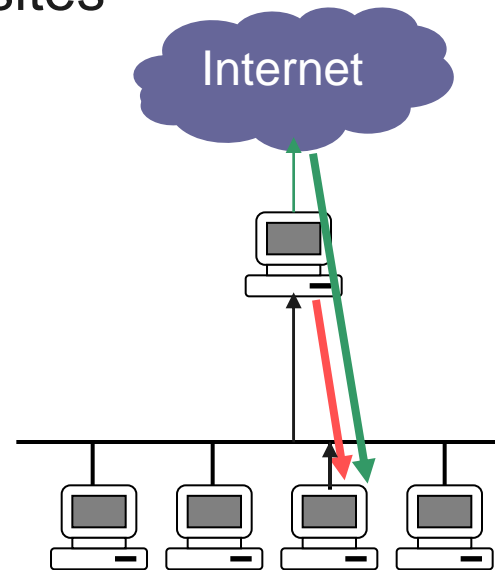
Filtrage Web

❑ Objectif

- empêcher l'accès à certains sites

❑ Fonctionnement

- mots-clés
- destination
- protocole
- source



Position du problème

- ❑ L'information passe d'une machine à une autre, d'un système à un autre
- ❑ Le mécanisme de transmission doit
 - assurer la transmission pour que cette information
 - soit correctement acheminée : adressage, routage
 - reste « compréhensible » : interopérabilité des données
 - minimiser les risques d'altération
 - techniques : perte, corruption
 - malveillance : espionnage, destruction, modification
- ❑ Quelle règles sous-tendent ces communications ?

Protocole : définition

□ Un protocole de communication

- est un **langage** qui codifie un ensemble de **règles** que deux systèmes doivent respecter pour communiquer
 - Chaque règle a pour but de réaliser une ou plusieurs **fonctionnalités**
 - L'exécution d'une règle nécessite l'ajout d'informations aux données transmises (**méta-informations**)
- permet aux machines qui l'utilisent de se « comprendre »
 - Ex. : mécanisme requête-réponse pour un protocole client-serveur

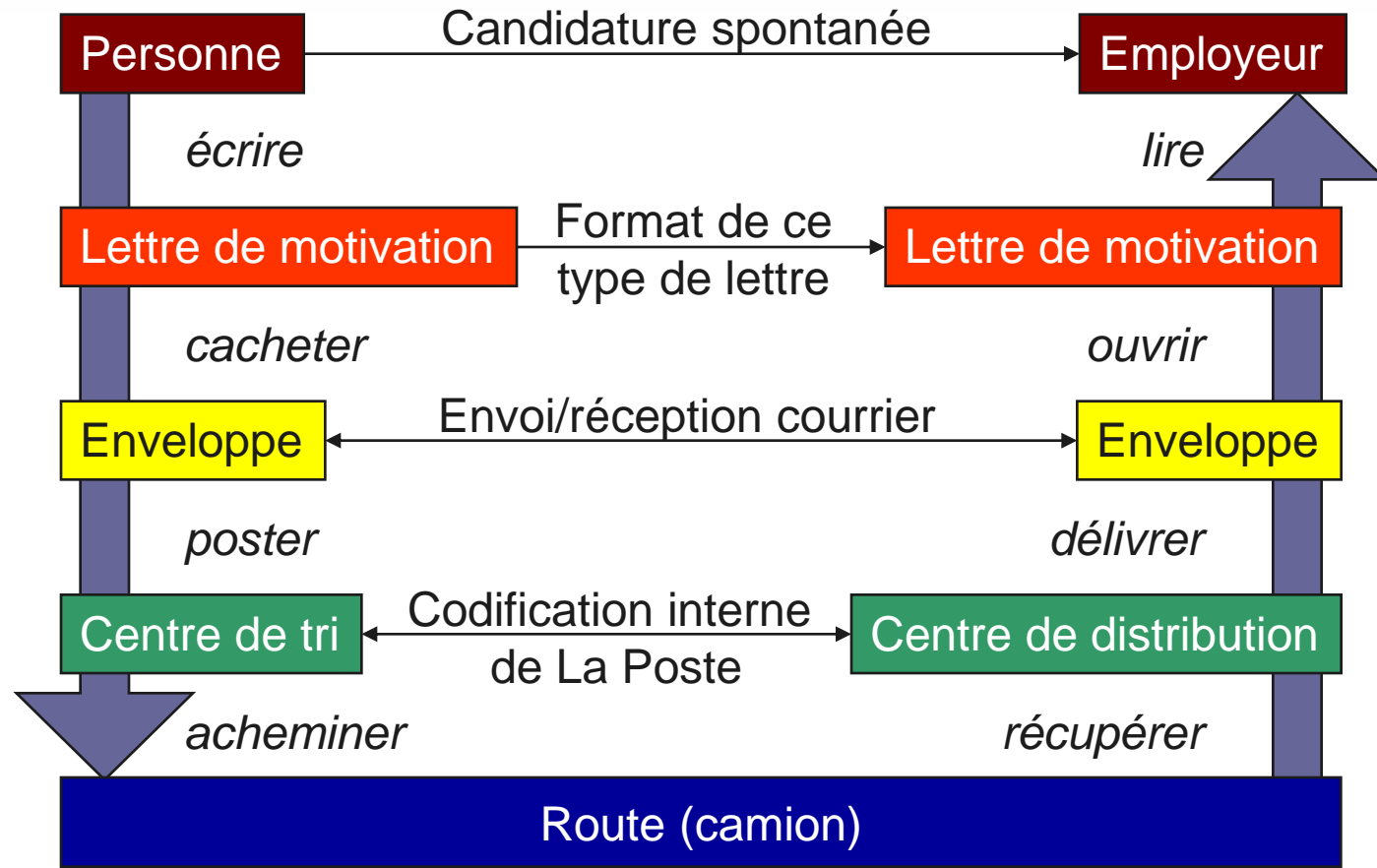
□ Exemples de fonctionnalités

- assurer la transmission vers une machine identifiée
- assurer l'indépendance des communications vis-à-vis du système d'exploitation ou de la plate-forme
- crypter les informations transmises

Modèle en couches (1/2)

- ❑ Il existe de nombreux protocoles de communication
 - qui remplissent chacun certaines fonctionnalités
 - adaptés à certains types de communications
- ➔ Une communication s'appuie souvent sur plusieurs protocoles
- ❑ Modèle en couches
 - le processus de transmission est découpé en étapes (« couches ») successives
 - chaque couche est responsable d'une ou de plusieurs fonctionnalités de la communication réseau

Modèle en couches : un exemple (2/2)



Le modèle OSI (*Open System Interconnection*)

□ Modèle en couches théorique de référence



□ Pour être transférées au sein d'un réseau

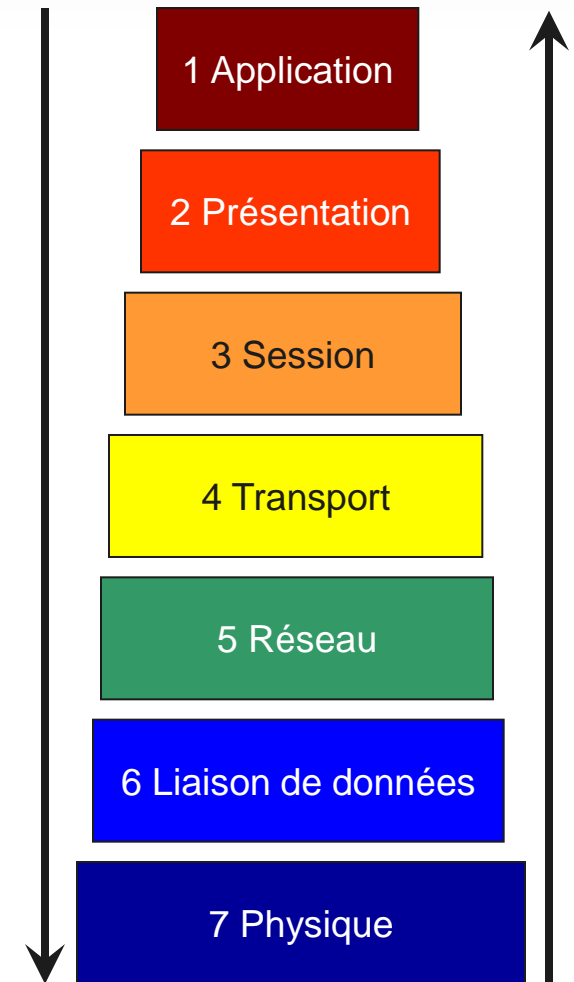
- les informations doivent traverser les 7 couches OSI
- à chaque couche, les données sont **encapsulées** dans de nouvelles informations

□ Lorsqu'elles arrivent à destination

- les données traversent les mêmes couches, mais en sens inverse
- les informations qui ont été ajoutées à chaque couche sont supprimées au passage de la couche correspondante

Les 7 couches du modèle OSI

1. **Application** : gestion des échanges de données entre programmes et services du réseau
2. **Présentation** : mise en forme des informations pour les rendre lisibles par les applications
3. **Session** : détection du mode de communication à utiliser entre machines et périphériques
Surveillance des connexions
4. **Transport** : correction des erreurs de transmission;
vérification de l'acheminement
5. **Réseau** : identification des machines connectées au réseau
6. **Liaison de données** : subdivision des informations en «paquets» pour livraison sur le réseau
7. **Physique** : contrôle du support de transmission;
circulation de l'information électrique



Quelques protocoles usuels

- ❑ **IP** (*Internet Protocol*)
 - adressage (routage) des informations
- ❑ **TCP** (*Transmission Control Protocol*)
 - transfert d'infos entre machines d'un réseau IP
 - contrôle des transmissions (transmission sans perte)
- ❑ **UDP** (*User Datagram Protocol*)
 - transfert d'infos entre machines d'un réseau IP
 - pas de contrôle des transmissions (transmission rapide / temps réel)
- ❑ **DNS** (*Domain Name System Protocol*)
 - conversion de noms de machines en adresses IP
 - permet de composer des adresses Web (URL)
- ❑ **FTP** (*File Transfer Protocol*)
 - transfert de fichiers
- ❑ **HTTP** (*HyperText Transfer Protocol*)
 - transfert d'informations inter-reliées

Internet Protocol (IP)

❑ Objectif

- Être capable d'**adresser** n'importe quelle machine sur Internet

❑ Principe

- À chaque machine est attribuée une **adresse IP** universelle et **unique**
- Cette adresse permet de
 - la localiser physiquement sur le réseau
 - lui transmettre des paquets de données (**datagrammes**) dans sa direction (routage)

❑ Ne pas confondre

- **Adresse IP** : numéro attribué à une machine
- **Protocole IP** : méthode de communication utilisée pour le routage

Types d'adresses IP

❑ Adresse IP V4

- 4 nombres de 8 bits (ou 4 octets, en base 10, de 0 à 255),
- séparés par des points
- ex : 138.96.146.2 (pour la machine www.inria.fr)
- 256^4 possibilités

❑ En développement : IP V6

- sur 16 octets
- ex :
 - 2001:0db8:0000:85a3:0000:0000:ac1f:8001
 - 2A01:E35:2421:4BE0:CDBC:C04E:A7AB:ECF3
- $(256^4)^4$ possibilités

Classes d'adresses (IPV4)

□ Il existe 3 **classes** principales de réseaux

➤ Classe A : n . ? . ? . ?

▪ ex : NASA

➤ Classe B : n . n . ? . ?

▪ ex : France Télécom

➤ Classe C : n . n . n . ?

▪ ex : cyber-café

□ Exemple : UCBL = une classe B

➤ bâtiment 301 (Grignard, Doua) : 134.214.**226**.?

▪ 8 salles

▪ 8 sous-réseaux

❖ de 134.214.226.1 à 134.214.226.16

❖ ...

❖ de 134.214.226.**249** à 134.214.226.**254**

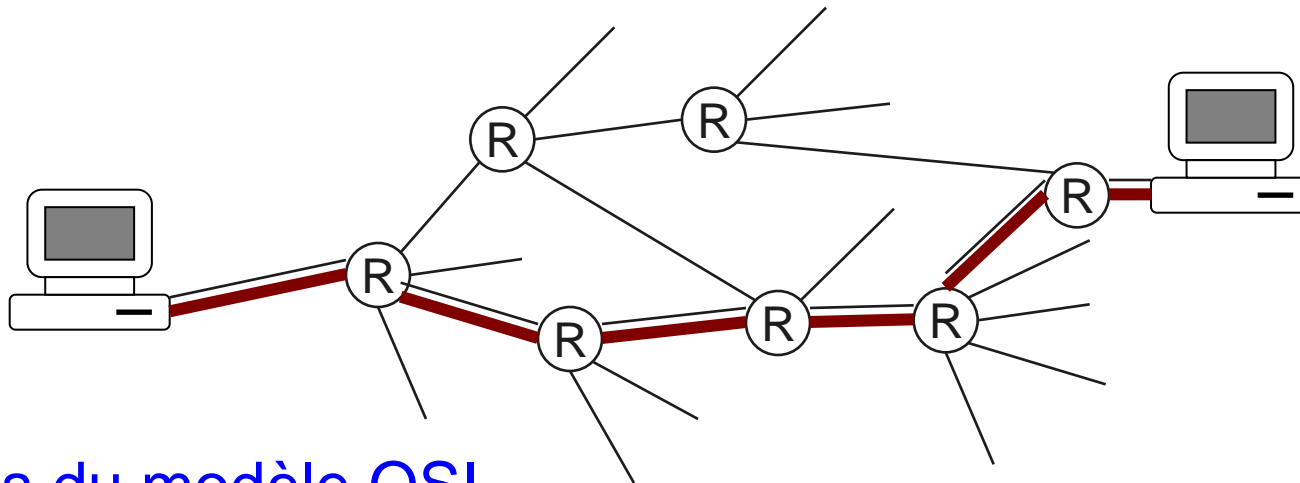
Exercice

- ❑ À l'aide de la commande `ipconfig` (sous DOS) ou `ifconfig` (sous xterm), trouvez
 - L'adresse de votre machine
 - L'adresse de la passerelle que vous utilisez pour accéder à Internet
- ❑ De quelle classe d'adresses s'agit-il ?

Routage

□ Routeur

- connecteur reliant des réseaux
- rôle : diriger les informations dans la direction appropriée
- à partir de l'adresse IP (une fois la résolution faite)



□ Couches du modèle OSI

- Le protocole IP remplit les fonctions des niveaux 6 (liaison de données) et 5 (réseau)

Exercice

- ❑ À l'aide de la commande `tracert` (sous DOS) ou `traceroute` (sous xterm), trouvez le chemin qui mène à la machine 18.9.22.169
- ❑ Visualisez ce chemin sur une carte avec l'utilitaire Web <http://en.dnstools.ch/visual-traceroute.html>

Transmission Control Protocol (TCP)

❑ But

- Assurer la **fiabilité** de la transmission
➔ Envoi des données en **mode connecté**

❑ Fonctionnement

- Ouverture d'une **session**
- Découpage du flux de données en **segments**
- Envoi de chaque segment
 - Contrôle de la bonne réception par le destinataire (**checksum**)
 - Demande de renvoi si perte ou corruption d'un segment
- Fermeture de la session

❑ Couches du modèle OSI

- 4 : Transport
- 3 : Session

User Datagram Protocol (UDP)

❑ But

- Transmission de données **simple** et de coût minimal
➔ Envoi en **mode non connecté**

❑ Fonctionnement

- Découpage du flux de données en **datagrammes**
- Envoi des datagrammes à la suite les uns des autres
 - Contrôle de la bonne réception par le destinataire (**checksum**)
 - Pas de renvoi si perte ou corruption d'un datagramme
 - Les datagrammes peuvent arriver dans le désordre

❑ Couche du modèle OSI

- 4 : Transport

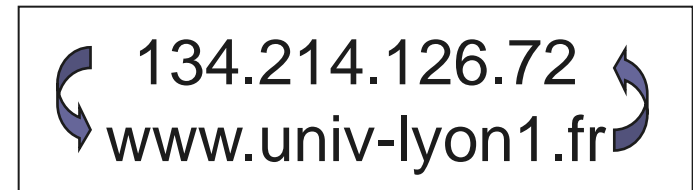
Nommage des machines

❑ Objectif

- faire correspondre un **nom** explicite à l'adresse IP d'une machine

❑ Nom de machine

- décomposé hiérarchiquement
 - suffixe de domaine (critère géographique, institutionnel, organisationnel...) : fr
 - domaine (organisation) : univ-lyon1
 - sous-domaine (éventuellement)
 - nom local de la machine : bat710
- exemples :
 - bat710.univ-lyon1.fr
 - www.berkeley.edu
 - ftp.berkeley.edu
 - www.education.gouv.fr



Gestion des noms de domaine

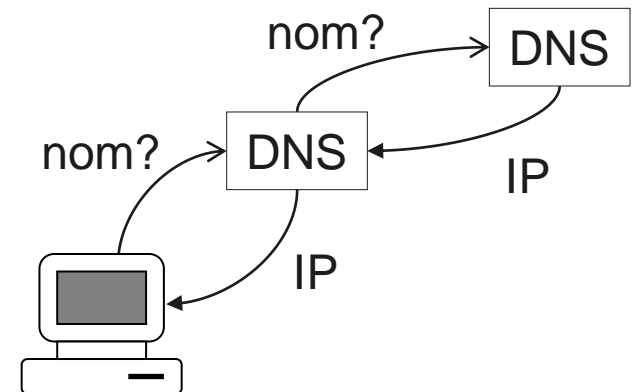
❑ Organismes de centralisation des noms de domaines

- ICANN : *Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*
 - noms de domaines génériques
 - .com, .gov, .mil, .net, .org, .int, .edu, .fr...
- AFNIC : *Association Française pour le Nommage Internet en Coopération*
 - noms de domaines français (.fr)
 - équivalent de .gov : .gouv.fr

Le protocole Domain Name System (DNS)

❑ Serveur de nom de domaine

- gère les adresses correspondant à un domaine donné
- sert à convertir un nom en une adresse IP
 - reçoit une requête d'un client qui demande l'adresse correspondant à un nom de machine
 - exemples
 - ❖ bat710.univ-lyon1.fr → 134.214.88.10
 - ❖ www.inria.fr → 138.96.146.2

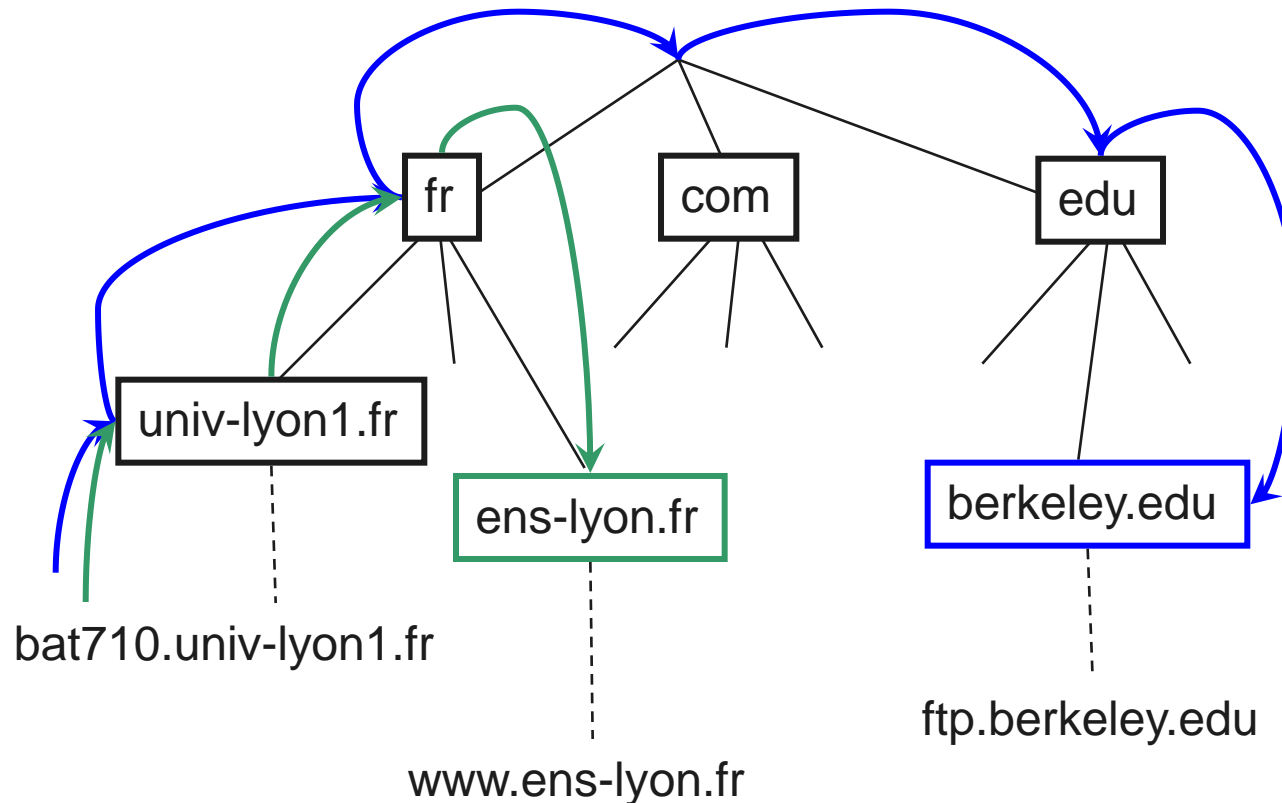


❑ Fonctionnement

- soit le serveur connaît l'adresse et la renvoie au client
- soit le serveur transmet la requête à un autre serveur DNS

Le protocole Domain Name System (DNS)

- bat710.univ-lyon1.fr cherche **www.ens-lyon.fr** puis **ftp.berkeley.edu**



Exercice

- ❑ À l'aide de la commande `ping` (sous DOS ou xterm), trouvez les adresses des machines
- `www.mit.edu`
 - `www.ens-lyon.fr`

URL (Uniform Resource Locator)

❑ Permet d'identifier une **ressource** sur le réseau, c'est-à-dire :

- une page Web
- une image (seule ou utilisée dans une page Web)
- un programme
- un fichier à télécharger...

❑ Indique

- un **protocole** (langage de communication entre deux programmes sur deux machines).
 - Exemple: FTP (File Transfert Protocol), HTTP (HyperText Transfert Protocol)...
- une adresse et un chemin
- forme générale : `protocole://adresse`
- exemple : `http://www.univ-lyon1.fr/`

Différents types d'URL

❑ Forme principale (protocole *HTTP*)

http://pci.univ-lyon1.fr/TP/sujets-TP.pdf

Protocole *Adresse machine* *Chemin fichier*

❑ Forme pour désigner les fichiers *locaux*

- Chemin relatif : fichier.html ou dossier/toto.html
- Sur un disque : file://C:/chemin/fichier.htm

❑ Forme pour le *transfert* de fichiers

- **ftp://ftp.inria.fr/INRIA/tech-reports/RR-5645.pdf**

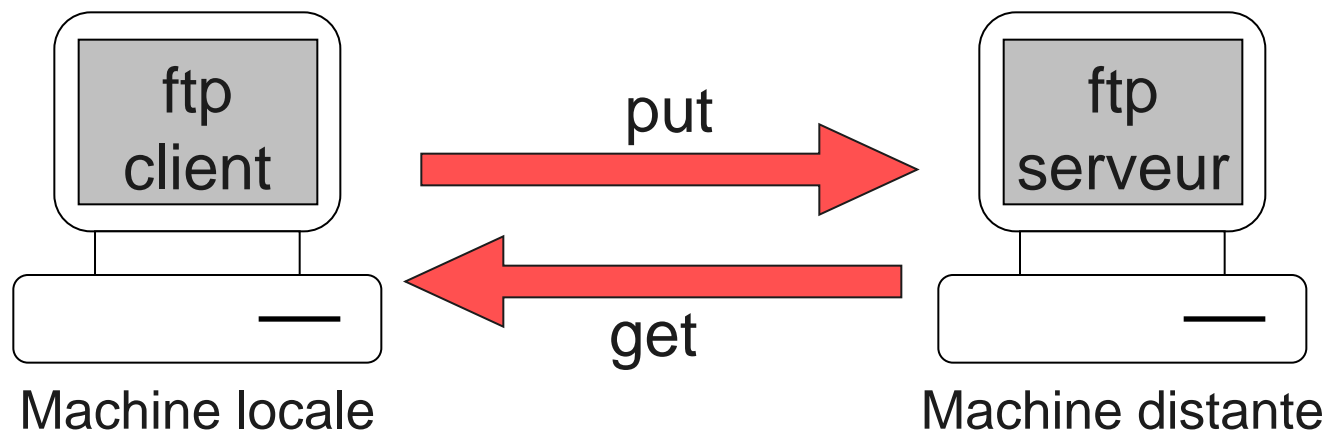
❑ Forme pour l'envoi de *courrier* électronique

- **mailto:jean.durand@univ-lyon1.fr**

FTP : File Transfer Protocol

□ Protocole de transfert de fichiers

- bidirectionnel
- entre une machine client (locale) et une machine serveur (distante)



FTP : Types de connexion

- ❑ Connexion sur une machine où vous avez un compte
 - ftp nom-machine-distante
 - login : **mon-nom-d'utilisateur**
 - passwd : mon-mot-de-passe
- ❑ Connexion à un serveur ftp « public » (documentation, distribution free/shareware...)
 - ftp nom-machine-distante
 - login : **anonymous**
 - passwd : « ...@....fr » (ex : toto@titi.fr)
 - sur les serveurs peu sûrs, ne pas utiliser son adresse mél

FTP : Types de données

□ Deux types de données pour le transfert

➤ ASCII

- **texte « pur »** (on peut le lire correctement avec le bloc-notes)
- ex : .txt, .html
- en FTP : choisir ASCII (cas par défaut en FTP sous DOS)

➤ binaire

- **données « plus complexes »** (le bloc-notes ne peut **pas** les lire correctement)
- ex : .doc, images, sons...
- en FTP : choisir bin(aire)

□ Il faut choisir le type de données avant de faire le transfert

- souvent fait de manière automatique par l'application

Exercice

- ❑ Lancez la commande `ftp` (sous DOS ou xterm)
- ❑ À l'invite de la session FTP, ouvrez une connexion sur la machine `ftp.inria.fr` à l'aide de la commande `open`
- ❑ Sur ce serveur, à l'aide de la commande `cd`, déplacez-vous dans le dossier `INRIA/publication/publi-pdf/RR`
- ❑ Téléchargez le fichier `RR-5916.pdf`
- ❑ Ouvrez ce fichier pour vérifier qu'il a été téléchargé correctement

HTTP : HyperText Transfer Protocol

□ Généralités

- protocole client-serveur
 - Serveur Web : référencé par une adresse IP (ou nom de machine → résolution DNS)
 - Client : navigateur Web
- sur TCP/IP, de niveau applicatif

□ Objectif : accéder à des ressources

- à l'origine, textuelles
- situées sur des machines accessibles par Internet
- reliées entre elles par un mécanisme de lien « hypertexte »

HTTP : HyperText Transfer Protocol

□ Mécanisme de requête / réponse

- **Requête** du client
 - **Méthode** HTTP : GET, POST...
 - URL de la ressource
 - Paramètres éventuels
- **Réponse** du serveur
 - Code de statut / d'erreur

200 OK	tout s'est bien passé, le serveur renvoie la réponse
301 Moved Permanently	la ressource a été déplacée à une autre adresse
404 Not Found	la ressource demandée par le client n'existe pas
500 Internal Server Error	erreur côté serveur

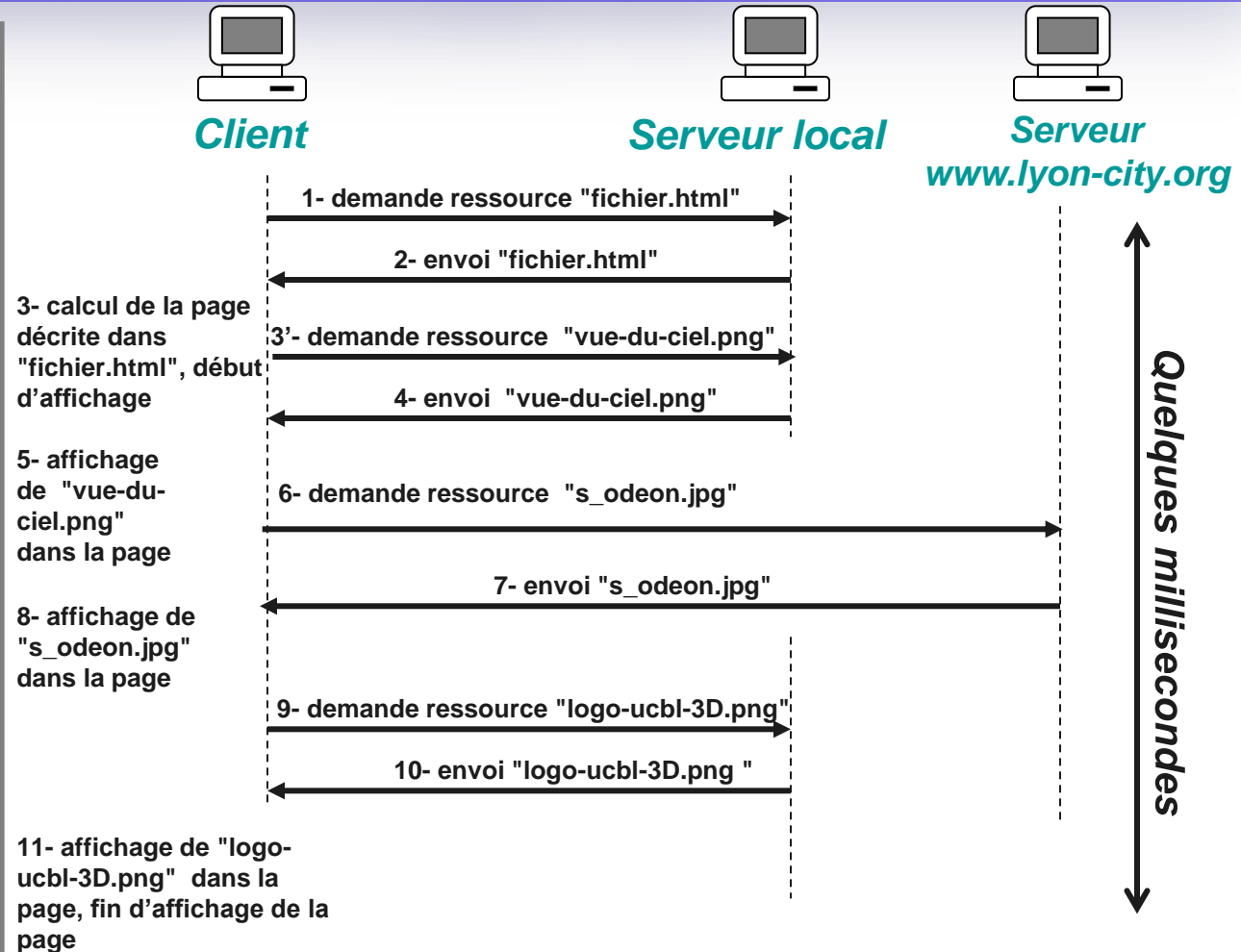
- Contenu de la ressource (si « OK »)

□ Remarque : le protocole **HTTPS** (sécurisé) fonctionne de la même façon

HTTP : transactions pour une page Web

fichier.html

```
<html>
<head>
<title>INSERTION IMAGES</title>
</head>
<body bgcolor="#ffffff">
<p>Voici une photo aérienne de Lyon
(chemin relatif) : <img src= "vue-
du-ciel.png" alt="vue du ciel"
/>.</p>
<p>Voici une autre photo (URL
distante) : .</p>
<p>Cliquer sur le logo <a
href="http://www.univ-
lyon1.fr/"></a> pour visiter le site
Web de Lyon 1.</p>
</body>
</html>
```



HTTP et le World Wide Web (WWW)

- ❑ **Le World Wide Web, techniquement, c'est**
 - URL : principe unique d'identification des ressources
 - HTTP : protocole de transmission des ressources
 - HTML : langage de description de pages Web
- ❑ **Principe : mettre à disposition des ressources**
 - De différentes natures
 - pages Web (HTML)
 - données multimédia (texte, photo, son, vidéo...)
 - programmes (applets, scripts)
 - Hypermédia
 - Interactives
 - Permettant à l'utilisateur d'accéder à un service
 - rechercher de l'information, acheter un objet, accéder à ses mails, consulter ses comptes en banque...

➔ **Nombreuses évolutions techniques (à suivre...)**

Exercice

- ❑ Si ce n'est pas déjà fait, téléchargez le module complémentaire `FireBug` pour le navigateur Firefox
- ❑ Ouvrez FireBug et cliquez sur l'onglet `Net` pour visualiser les transactions HTTP
- ❑ Ouvrez la page d'accueil du site de l'ENS Lyon
 - Combien de ressources sont nécessaires à l'affichage de cette page ?
 - De quels types sont ces ressources ?

Pour en savoir plus (1/2)

❑ Les réseaux Unix / Linux

- Les dessous d'Unix
 - E. Dreyfus, Editions Eyrolles, 2004
- Internet et Intranet sous Linux
 - H Holz B Schmitt & A Tikart, Eyrolles, 1999
- Networking HOWTO
 - DL Ridruejo
 - <ftp://sunsite.unc.edu/pub/Linux/docs/HOWTO/>

❑ Les réseaux PC / Windows

- Les réseaux : mode d'emploi pour débutants
 - A Neibauer, Microsoft Press
- Apprendre les réseaux, 100% Visuel
 - P Whitehead, IDG Books, 1998

Pour en savoir plus (2/2)

- ❑ RÉNATER (RÉseau NAtional pour l'Enseignement et la Recherche)
 - <http://www.renater.fr>
- ❑ Internet
 - TCP / IP : l'expert – Craig Zacker, Sybex ISBN 2-7361-31029
- ❑ Le World Wide Web
 - La Référence :
<http://www.w3.org/>
 - Un cours en français :
<http://liris.cnrs.fr/lionel.medini/enseignement/MIF13/>