ASR – Réseau M1 Math. – Crypto.

La couche Application

Adlen Ksentini

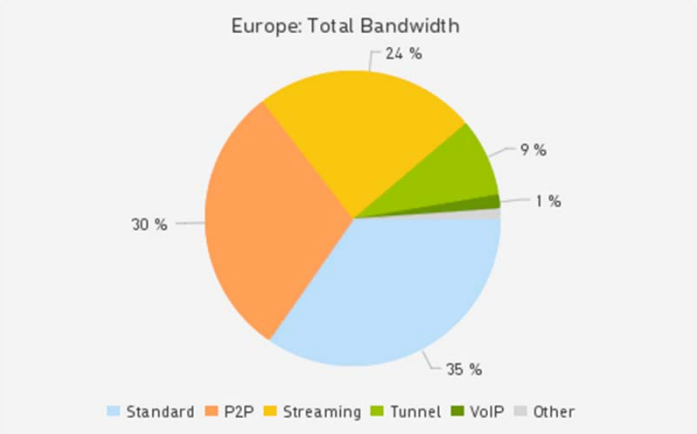
Introduction

- But :
- Connaitre les concepts et l'implémentation des protocoles applicatifs communiquant sur un réseau
  - Services offerts par la couche transport
  - Le concept Client/Serveur
  - Le concept Peer-to-Peer (p2p)
- Etude des protocoles applicatifs les plus populaires
  - HTTP
  - FTP
  - TELNET
  - SMTP / POP3 / IMAP
  - DNS
- Programmation des applications réseau
  - API Socket

Quelques applications réseau

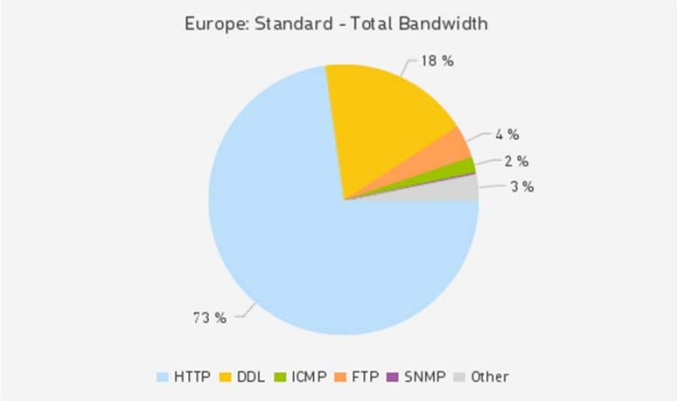
- E-mail
- Web
- Messagerie instantanée
- Contrôle à distance
- Partage de fichiers P2P
- Jeux en réseau (Second life, Warcraft)
- Streaming de vidéo (Youtube, Dailymotion)
- Téléphone sur Internet (Skype)
- Réseaux sociaux (Twitter, Facebook, Googl+)

Distribution du trafic : Europe



Source : http://www.internetobservatory.net/europe

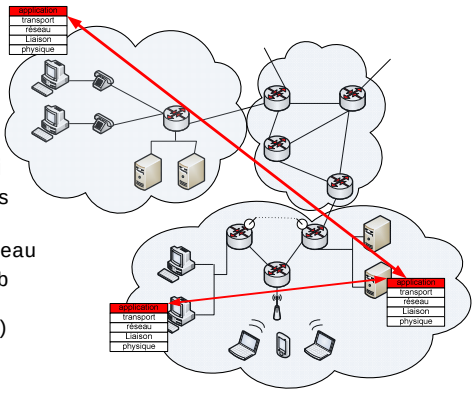
Distribution du trafic



Source : http://www.internetobservatory.net/europe

Création d'une application réseau

- Ecrire un programme qui
  - Fonctionne sur différents systèmes
  - Communique sur un réseau
  - Ex: Web, le serveur Web communique avec un programme (navigateur) client

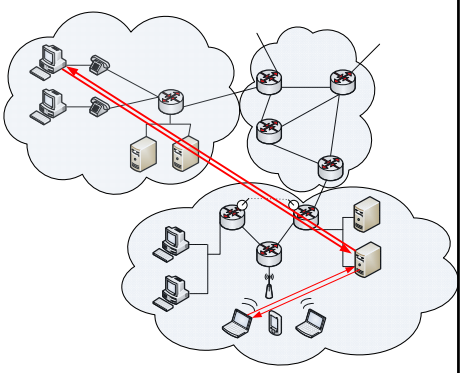


Applications réseau : architectures

- Client-Serveur
- Peer-to-Peer
- Hybride entre Client/Serveur et P2P

Architecture Client/Serveur

- Serveur
  - En écoute sur un hôte
  - Adresse IP fixe
- Client
  - Communique avec un serveur
  - Peut se connecter par intermittence
  - Ne communique pas avec un autre client
  - Peut avoir une adresse IP dynamique (non fixe)

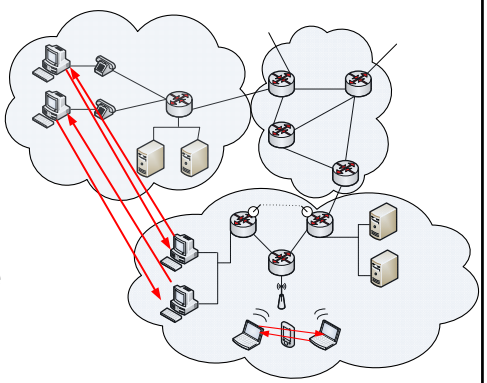


Architecture Client/Serveur (2)

- Un serveur populaire peut rapidement être submergé par les requêtes
  - Ex. Serveur de recherche sur Internet (google) ou serveur de réseau social (facebook).
- Data center (ou ferme de serveurs)
  - D'une centaine à un millier de serveurs
  - Ex. Amazon, Google, Youtube,…

Architecture pure P2P

- Pas de serveur
- Les systèmes terminaux communiquent directement
- Les peers sont connectés par intermittence et changent souvent d'adresse IP
- Ex: Gnutella (partage de fichier) ou PPStream (IPTV)
- *Av.* : scalable à volonté
- *Inc.*: difficile à gérer



Hybride entre Client/Serveur et P2P

- Napster
  - Transfert de fichiers P2P
  - La recherche de fichier est centralisée
    - Chaque Peer enregistre un fichier au niveau d'un serveur
    - Chaque Peer interroge le même serveur pour la recherche de contenu (fichier)
- Messagerie instantanée (Skype)
  - Chat (discussion) entre deux Peers
  - Détection de présence et redirection vers un Peer est centralisée
    - Chaque utilisateur s'enregistre auprès d'un serveur central
    - Un utilisateur contacte le serveur central pour récupérer une adresse IP d'un autre utilisateur

Les processus de communication

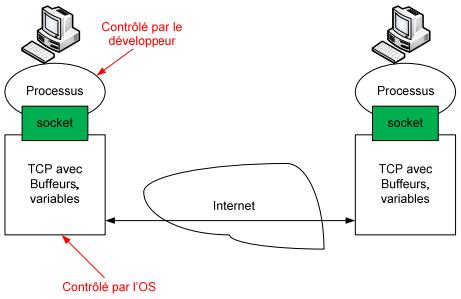
- Un processus est un programme qui s'exécute sur un hôte
- Deux processus communiquent dans un même hôte avec des communications interprocessus définies par l'OS
- Les processus sur différents hôtes communiquent en utilisant un protocole applicatif (messages)

Processus Client : le processus qui initialise la communication

Processus Serveur : le processus en attente d'une demande de communication

Sockets

- Défini l'interface entre l'application et la couche transport, deux processus communiquent en émettant et en recevant des données via les sockets
- API :
  - Choix du protocole de transport
  - La possibilité de fixer les paramètres de transport



Comment identifier un processus distant ?

- Adresse IP de l'hôte distant (32 bits pour IPv4 ou 128 bits pour IPv6)
- Numéro de port – permet de différencier les différents processus locaux sur un même machine, auquel le message doit être transmis
- Ex. :
  - Serveur HTTP : 80
  - Serveur de mail : 25
  - Liste des numéros de port connus (well known) http://www.iana.org

Quel est le service de transport nécessaire à une application?

Perte de données

- Certaines applications (ex., voix) peuvent tolérer des pertes
- D'autres applications (ex., ftp, telnet) nécessitent une fiabilité à 100%

Bande passante (débit)

- Certaines applications (ex., multimedia) nécessitent une bande passante minimale
- D'autres applications (dites élastiques) utilisent toute la bande passante disponible

Délai (Timing)

- Certaines applications (e.g., voix sur IP, jeux interactifs) nécessitent de faibles délais

Besoin en service de transport de quelques applications connues

Application	Pertes	Bande passante	Sensibilité temp.
Transfert de fichier	sans perte	élastique	non
e-mail	sans perte	élastique	non
Web	tolérant	élastique	non
Audio/video en temps/réel	tolérant	audio: 5 Kbit/s-1 Mbit/s	oui, qq 100 ms
Audio/video enregistré	tolérant	video:10 Kbit/s-5 Mbit/s	oui, qq s
Jeux interactifs	tolérant	similaire	oui, qq 100 ms
Appli. financière	sans perte	Quelques Kbit/s, élastique	oui et non

Services offerts par les protocoles de transport Internet

Service TCP:

- *Orienté connexion:* une connexion est établie entre le client et le serveur
- *Transport fiable* entre le processus émetteur et récepteur
- *Contrôle de flux :* l'émetteur ne submerge pas le récepteur
- *Contrôle de congestion :* réduit le débit de l'émetteur quand le réseau est congestionné
- *Ne propose pas* de garantie de délai ou de bande passante minimale

Service UDP:

- Transfert de données non fiable
- Ne propose pas de connexion, de fiabilité, de contrôle de flot, de contrôle de congestion, de garantie temporel ou de bande passante

Aucun des deux protocoles ne chiffrent les messages

Applications Internet : application, protocoles de transport

Application	Protocole applicatif	Protocole de transport
E-mail	SMTP [RFC 5321]	TCP
Accès distant	TELNET [RFC 854]	TCP
Web	HTTP [RFC 7230]	TCP
Transfert de fichier	FTP [RFC 959]	TCP
Streaming multimedia	RTP [RFC 3550]	UDP ou TCP
Voix sur IP	SIP ou skype (propriétaire)	UDP

Protocole applicatif

- Type des messages à échanger
  - Ex. : requêtes et réponses
- Syntaxe du message
  - Les champs composant un message
- Sémantique du message
  - Le sens des infos. contenues dans le message
- Règles
  - Quand et comment envoyer et répondre à un message
- Protocoles du domaine publique
  - Définis dans des RFCs
  - Ex. : HTTP, SMTP
- Protocoles propriétaires
  - Ex. : Kazaa, Skype

World Wide Web et HTTP

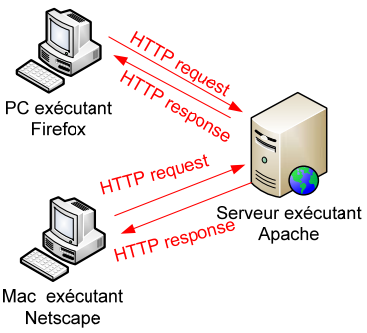
- World Wide Web (WWW) : « au cœur de l'Internet »
- Page Web:
  - Contient des "document" (documents)
    - Un simple fichier HTML, une image JPEG ou GIF, une applet JAVA, une animation FLASH
  - Identifié par une URL (Uniform Resource Locator)
- La plupart des pages Web contiennent :
  - Du texte HTML
  - Documents référencés par le biais de leurs URL
- L'URL a deux composants : nom d'hôte du serveur et le chemin d'accès au document

`www.ifsic.univ-rennes1.fr/M1_crypto/pic.gif`

HTTP

HTTP: HyperText Transfer Protocol

- Couche applicative Web
- Définit le modèle client/serveur
  - *client:* le navigateur qui demande, reçoit, affiche les documents Web
  - *serveur:* serveur Web envoie les réponses (souvent le contenu des documents demandés) aux requêtes
- HTTP 1.0: RFC 1945
  - Jusqu'à 1997
- HTTP 1.1: RFC 2068
  - À partir de 1998
  - Compatible avec la version 1.0



HTTP (suite)

- Le navigateur web : agent de l'utilisateur (UserAgent)
  - Client HTTP
  - Par ex. Chrome, Internet Explorer, Firefox/Mozilla
- Le serveur web
  - Serveur HTTP
  - Par ex. Apache, Microsoft Internet Information Server (IIS), Netscape Entreprise Server

HTTP (suite)

Utilise les services de transport TCP :

- Le client initialise une connexion TCP (crée une socket) avec le serveur, port 80
- Le serveur accepte la demande de connexionTCP du client
- Les messages HTTP (protocole applicatif) sont échangés entre le navigateur web (client HTTP) et le serveur Web
- La connexion TCP est fermée

HTTP est « sans état »

- Le serveur ne maintient aucune information au sujet des requêtes précédentes des clients

Les protocoles gardant un "état" sont complexes !

- L'historique doit être gardé
- Si le serveur ou le client s'arrête de fonctionner les états peuvent être inconsistants

Connexions HTTP

- Connexion HTTP non-persistante
  - Au plus, un document est transmis avec une connexion TCP
  - HTTP/1.0 utilise ce type de connexion
- Connexion HTTP persistante
  - Plusieurs documents peuvent être transmis avec une seule connexion TCP (entre le client et le serveur)
  - HTTP/1.1 utilise ce type de connexion par défaut

HTTP non-persistant

L'utilisateur consulte l'URL www.ifsic.univ-rennes1.fr/L3/home.index

0. Le serveur HTTP du site www.ifsic.univ-rennes1.fr attend une connexion TCP sur le port 80.

1a. Le client initialise une connexion TCP avec le serveur sur le site www.ifsic.univ-renne1.fr. Le port 80 est choisi par défaut

1b. Le serveur accepte la connexion TCP, et répond au client

2. Le client HTTP envoie une *requête HTTP* (contenant l'URL). Le message indique que le client demande le document (L3/home.index)

3. Le serveur HTTP reçoit le message de requête, forme le *message de réponse HTTP* contenant le document requis, et l'envoie

temps

HTTP non-persistant (suite)

4. Le serveur HTTP du site ferme la connexion TCP

5. Le client HTTP reçoit le message de réponse du serveur (qui contient un fichier HTML), et affiche ce dernier. En "parsant" le fichier HTMP, le client est informé que d' autres documents (par ex. des image *.jpeg)* sont référencés par ce fichier.

6. Les étapes de 1-5 seront répétées pour chacun des documents *jpeg*

temps

- La page affichée peut être différente suivant le navigateur
- HTTP spécifie uniquement les messages à échanger et leur format (pas le format du contenu : c-à-d, pas le format des documents) !

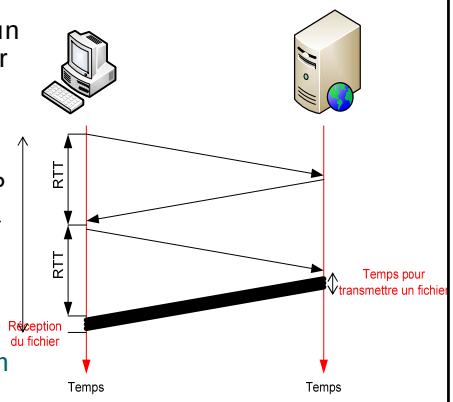
Modélisation du temps de réponse

RTT (Round Time Trip) : le temps nécessaire pour qu'un paquet fasse un aller-retour

Temps de réponse :

- 1 RTT pour établir la connexion TCP
- 1 RTT pour la requête HTTP et les quelques octets de la réponse HTTP
- Temps de transmission du document

Délai total = 2.RTT + Temps_transmission(document)



HTTP persistant

HTTP non-persistant

- HTTP/1.0
- 2 RTTs sont nécessaire pour lire chaque document
- Le serveur interprète les requêtes, répond et ferme la connexion TCP

HTTP persistant

- HTTP/1.1 (par défaut)
- Une seule connexion TCP est ouverte vers le serveur
- Le client envoie une requête pour tous les documents requis dès qu'ils sont référencés dans le fichier HTML

Persistant sans pipelining

- Le client envoie une nouvelle requête qu'après la réception de la réponse de la précédente requête
- Un RTT pour chaque document

Persistant avec pipelining

- HTTP/1.1 (par défaut)
- Le client envoie une nouvelle requête sans attendre la réponse de la requête précédente
- Les requêtes sont (peuvent être) envoyées en même temps
- Les réponses sont (peuvent être) envoyées en même temps

Les messages HTTP : *request*

- Deux types de messages HTTP : *request*, *response*
- Message HTTP :
  - Lignes de caractères
  - Codage ASCII (compréhensible par les humains)

Ligne de requête (commandes GET, POST, HEAD)

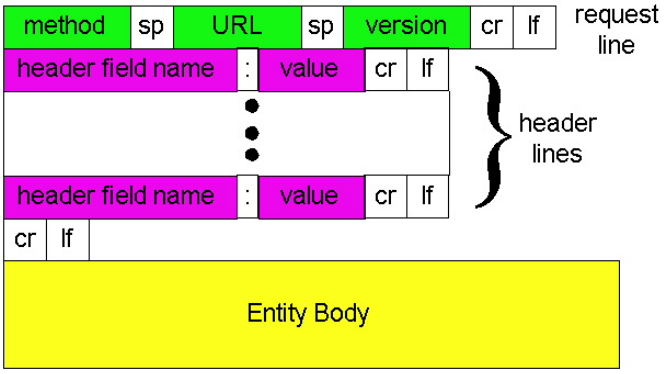
Lignes d' entête

```
GET /homedir/page.html HTTP/1.1
Connection: close
User-agent: Mozilla/4.0
Accept: text/html, image/gif,image/jpeg
Accept-language:fr
```

Le retour chariot, indique la fin du message

```
<retour chariot>, <saut de ligne>
```


Format du message Requête HTTP



Forme de la demande

- La méthode POST
  - La page web se présente sous la forme d'un formulaire
  - Envoie des données définissant la demande dans le corps du message
- Avec la méthode GET
  - Envoie des données définissant la demande dans l'URL

Types de méthodes

HTTP/1.0

- GET
- POST
- HEAD
  - Demande les informations sur le document et non le document lui-même
  - L'en-tête uniquement

HTTP/1.1

- GET, POST, HEAD
- PUT
  - « Uploade » le document placé dans corps du message dans le document spécifié par l' URL
- DELETE
  - Supprime le document spécifié par l'URL

Les messages HTTP : *response*

Ligne de réponse (protocole, code de statut, état)

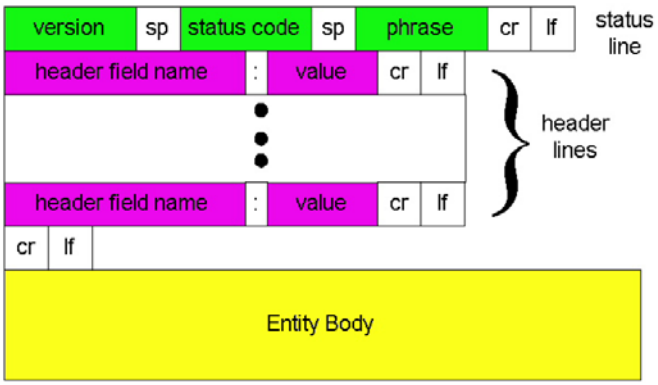
Lignes d' entêtes

Données, par ex., le fichier html

```
HTTP/1.1 200 OK
Date: Thu, 06 Aug 1998 12:00:15 GMT
Server: Apache/1.3.0 (Unix)
Last-Modified: Mon, 22 Jun 1998 …...
Content-Length: 6821
Content-Type: text/html

data
data data data
data ...
```


Format du message Response HTTP



Code de réponse de HTTP

- Dans la première ligne de la réponse

200 OK

- La requête a réussi et le document demandé est dans le corps du message

301 Moved Permanently

- Le document demandé a changé définitivement de place, son nouvel emplacement est donné dans la suite du message

400 Bad Request

- La requête est erronée

404 Not Found

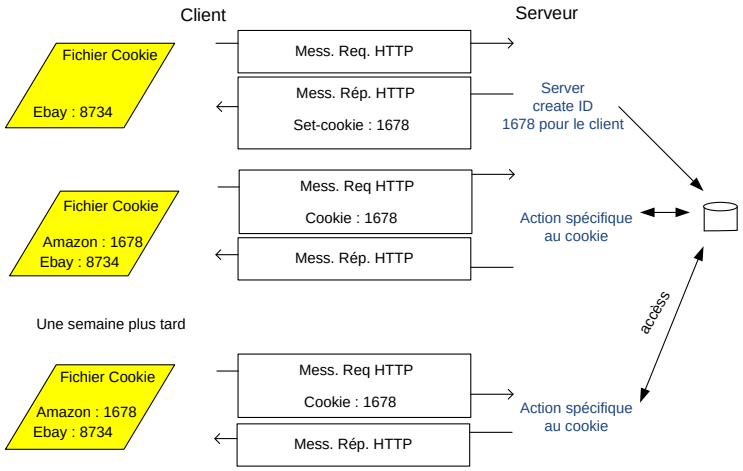
- Le document demandé n'est pas disponible sur le serveur

505 HTTP Version Not Supported

Sauvegarde d'états entre clients et serveurs – Les cookies

- Beaucoup de sites emploient les cookies
  - Identifier les clients
  - Personnaliser le contenu vis-à-vis des clients
- Quatre composants
  - Une ligne d'en-tête cookie dans la réponse HTTP
  - Une ligne d'en-tête cookie dans la requête HTTP
  - Le cookie est sauvegardé sur la machine du client, il est géré par le navigateur du client
  - Une base de données des habitudes des usagers
- Par ex. :
  - Toto visite un site de e-commerce pour la première fois
  - A l'initialisation de la requête HTTP, le site créé un unique identifiant ID et l'insère dans le cookie et une base de données pour une future identification de Toto
    - Toto a accès à Internet toujours du même PC
    - Il se connecte une fois par semaine en moyenne

Cookies (suite)



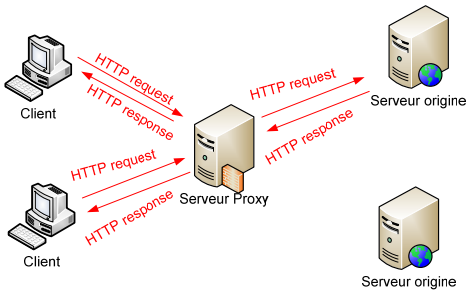
Cookies (suite)

- Fonctionnalités associées à l'utilisation de cookies
  - Autorisation
  - Achats en ligne (l'exemple du panier)
  - L'état d'une session Web
- Par contre
  - Les cookies permettent aux sites web de connaître vos habitudes sur le net
    - Les moteurs de recherche
    - Les publicitaires

Cache Web – Serveur Proxy

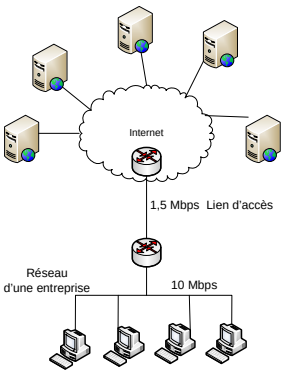
But: satisfaire la requête du client sans utiliser le serveur origine

- L'utilisateur configure son navigateur : accès au Web via le cache
- Le client envoie toutes ses requête HTTP vers le cache web
  - Si le document est dans le cache, on le retourne
  - Sinon on demande au serveur initial, on mémorise la réponse et on répond ensuite à la requête
- Le cache web a double fonctions : client et serveur



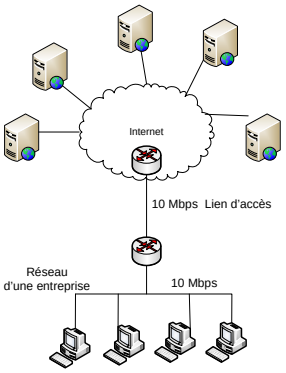
Cache Web : exemple

- Suppositions
  - Taille moyenne d'un document = 100.000 bits
  - Fréquence moy. des requêtes HTTP vers les serveurs web = 15 req/s
  - RTT du routeur local vers n'importe quel serveur = 2 s
- Conséquences
  - Débit des requêtes : 1,5 Mbit/s
  - Utilisation du LAN = 15%
  - Utilisation du lien d'accès = 100%
  - Délai total = délai sur Internet + délai d'accès + délai sur le LAN = 2 s + des minutes ! + (<1) milliseconde



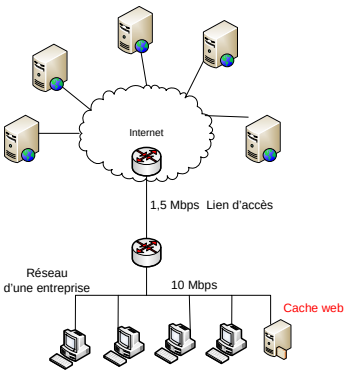
Cache Web : exemple (suite)

- Une solution
  - Augmenter le débit du lien d'accès, 10 Mbit/ss.
- Conséquences
  - Utilisation du LAN = 15%
  - Utilisation du lien d'accès = 15%
  - Délai total = délai sur Internet + délai d'accès + délai sur le LAN = 2 sec + qq millisecondes + milliseconde
- Solution très couteuse



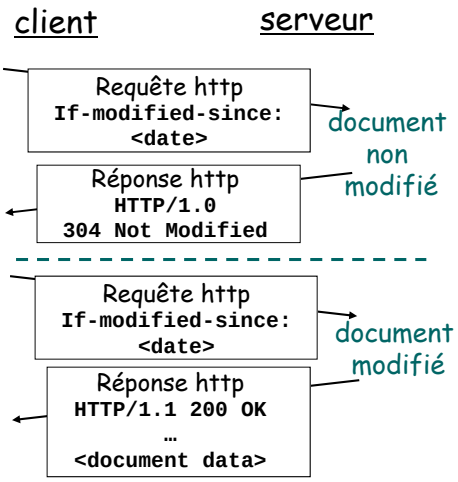
Cache Web : exemple (suite)

- Installer un cache Web
  - On suppose que le cache satisfait 40% des requêtes
- Conséquences
  - 60% des requêtes sont traitées par le serveur origine
  - Utilisation du lien d'accès réduite à 60%, impliquant des délais un peu plus faible (on suppose 10 ms)
  - Délai total = délai sur Internet + délai d'accès + délai sur le LAN = 0,6 * 2 s + qq millisecondes < 1,2 s

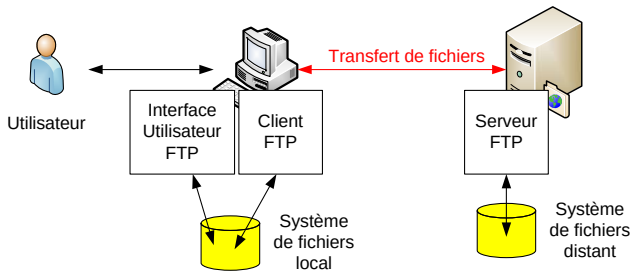


GET conditionnel

- Objectif : ne pas envoyer un document que le client a déjà dans son cache
- Client: spécifie la date de la copie en cache dans la requête http
  - **If-modified-since: <date>**
- Serveur: le corps de la réponse est vide si la copie en cache est à jour **HTTP/1.0 304 Not Modified**



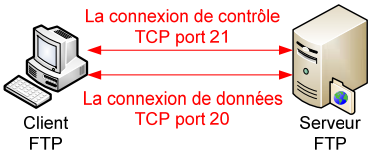
FTP : le protocole de transfert de fichier



- Transfert de fichiers entre (deux) machines
  - Le transfert peut être ternaire (C : A=>B)
- Basé sur le modéle Client/Serveur
  - Le client : l'utilisateur initialisant la connexion
  - Le serveur : la/les machines distantes
- FTP : RFC 959
- Le serveur FTP écoute sur le port 21

FTP: la connexion de contrôle et la connexion de données

- Le client FTP contacte le serveur sur le port 21
  - Utilisation de TCP
- Le client obtient les autorisations, échangées sur la connexion de contrôle
- Le client navigue dans le système distant en envoyant des commandes sur la connexion de contrôle
- Dès que le serveur reçoit une demande de transfert de fichier, il ouvre une connexion pour les données sur un nouveau port TCP
- Dès que le fichier est téléchargé, le serveur clos la connexion de données



- Le serveur ouvrira une nouvelle connexion de données pour le transfert d'un nouveau fichier
- La connexion de contrôle est dite Hors bande
- Le serveur FTP maintient l'état de le connexion :
  - Le répertoire courant, la dernière connexion ouverte

FTP en pratique

```
CLI$ ftp ftp://ftp.free.fr
...
220 Welcome to ProXad FTP server
230 Login successful.
...
ftp> cd mirrors/ftp.ubuntu.com/dvd/current
250 Directory successfully changed.
ftp> ls
...
-rw-rw-r--    1 ftp      ftp      1468051456 Jun 12  2012 quantal-dvd-i386.iso
...
226 Directory send OK.
ftp> get quantal-dvd-amd64.iso
local: quantal-dvd-amd64.iso remote: quantal-dvd-amd64.iso
150 Opening BINARY mode data connection for quantal-dvd-amd64.iso (1476702208 bytes).
100% |**********************************|  1408 MiB    4.04 MiB/s    00:00 ETA
226 File send OK.
1476702208 bytes received in 05:48 (4.04 MiB/s)
ftp> quit
```

FTP : commandes et réponses

Ex. de commandes

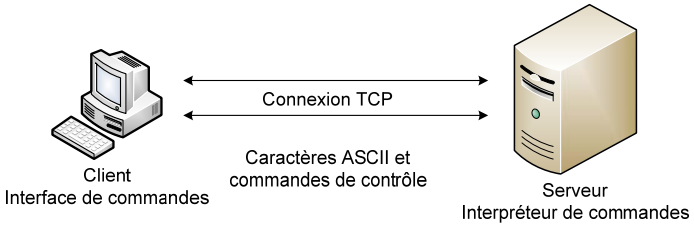
- Envoie des commandes (en code ASCII, 7-bits) sur la connexion de contrôle
- **USER login**
- **PASS mot_passe**
- **LIST**
  - liste les fichiers présents dans le répertoire courant
- **RETR** fichier
  - récupère un fichier
- **STOR** fichier
  - sauvegarde un fichier sur l' hôte distant

Ex. de réponses

- Statut et phrases (comme HTTP)
- **331 Username OK, password required**
- **125 Data connection already open, transfer starting**
- **425 Can't open data connection**
- **452 Error writing file**

TELNET

- TELNET : protocole pour la commande d'une machine à distance (accès distant à l'interpréteur de commandes). Hist. : « terminal distant virtuel »
- telnet => logiciel qui utilise le protocole TELNET
- TELNET
  - permet de connecter un client (système composé d'un écran et d'un clavier) à un serveur (interpréteur de commandes) à l'aide d'une connexion TCP



TELNET

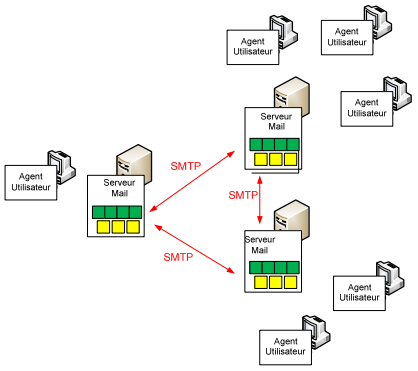
- Port 23
- Données et contrôle sur la même connexion TCP
- Network Virtual Terminal (NVT)
- Négociation des options entre le client et le serveur (jeu des caractères, mode ligne ou caractère, etc.)

SSH

- Secure Shell
- Alternative à TELNET
- Protocole permettant une communication sécurisée entre le client et le serveur
  - les données sont chiffrées
- Port 22

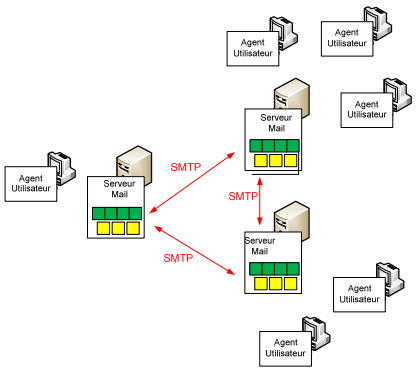
La messagerie électronique

- Trois composants majeurs
  - L'agent de l'utilisateur (user agent)
  - Le serveur de messagerie
  - Le protocole SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)
- Agent de l'utilisateur (User Agent)
  - Composer, envoyer, lire des emails
  - Ex. : Mail, Outlook, Thunderbird



Messagerie électronique

- Serveur de messagerie
  - Boite d'emails : contient les messages à destination d'un utilisateur
  - File d'attente des messages : contient les messages SMTP en cours d'émission
  - Le protocole SMTP : est utilisé entre serveurs de messagerie pour l'envoi d'emails
    - Client : serveur SMTP envoyant un email
    - Serveur : serveur SMTP destinataire de l'email

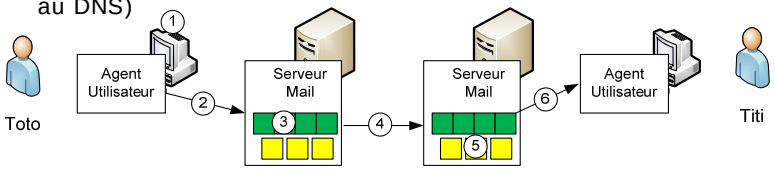


Messagerie électronique : SMTP

- Basé sur TCP pour l'envoi fiable de messages électroniques (emails) du client vers le serveur, sur le port 25
- Transfert direct entre serveurs SMTP
- Trois phases pour la session SMTP
  - Etablissement de la session SMTP
  - Transfert des messages SMTP
  - Clôture de la session SMTP
- Interaction commandes / réponse
  - Commandes : ASCII texte
  - Réponses : Statut de la commande
- Les messages sont codés en lignes de caractères en ASCII sur 7 bits

Scénario : email de Toto vers Titi

1- Toto utilise son UA pour composer un email à destination de titi@univ-rennes1.fr
2- L'UA de Toto envoie un email vers son serveur de messagerie par défaut
3- Le serveur de messagerie utilisé par Toto ouvre une connexion SMTP/TCP avec le serveur de messagerie de Titi (ce serveur a été trouvé grâce au DNS)
4- Le serveur de messagerie de Toto envoie le message sur la connexion TCP
5- Le serveur de messagerie de Titi place le message dans la boite d'emails de Titi
6- Titi demande à son UA de lire le message



Exemple d'interaction SMTP

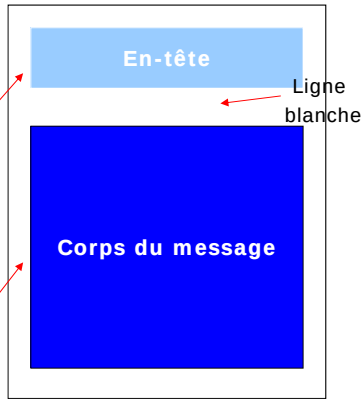
S: 220 univ-rennes1.fr
C: HELO quelquepart.fr
S: 250 hello quelquepart.fr, pleased to meet you
C: MAIL FROM: toto@quelquepart.fr
S: 250 toto@quelquepart.fr... Sender ok
C: RCPT TO: titi@univ-rennes1.fr
S: 250 titi@univ-rennes1.fr
C: DATA
S: 354 Enter mail, end with "." on a line itself
C: Blablablablabla
C: Blablabla
C: .
S: 250 Message accepted for delivery
C: QUIT
S: 221univ-rennes1.fr closing connection

SMTP (fin)

- SMTP utilise une connexion persistante
- SMTP impose l'utilisation de lignes de caractères codés en ASCII sur 7 bits (Corps et En-têtes SMTP)
- Le serveur détermine la fin du message SMTP grâce à la suite CRLF.CRLF
- Comparaison avec HTTP :
  - HTTP : technologie **Pull**, le client demande le document
    SMTP : technologie **Push**, le client envoie le document
  - Les deux utilisent des commandes/réponses codés par des lignes de caractères, et des codes retours (Status)

Format du message électronique

- Format des messages électroniques (RFC 822)
  - Différent du protocole pour l'échange de messages électroniques, c.-à-d. SMTP
- Entête du message élect. : des lignes d'en-têtes
  - To : <vers>
  - From : <de>
  - Subject : <objet> (différent de la commande SMTP)
- Corps du message élect.
  - Le message uniquement en lignes de caractères ASCII



Format du message : l'extension multimédia

- MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) : Extension pour le multimédia (RFC 2045, 2056)
- Lignes d'en-tête pour déclarer le type du contenu MIME

Version MIME

Méthode utilisée pour encoder les données

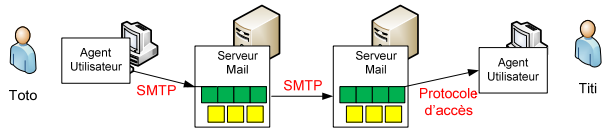
Type et sous-type des données multimédia

Données encodées

```
From : toto@crepes.fr
To : titi@hamburger.edu
Subject : Image d'une crepe
MIME-Version : 1.0
Content-Transfer-Encoding : base64
Content-Type : image/jpeg

base64 encoded data ……
……
……
…… base64 encoded data
```

Protocoles d'accès à la messagerie



- SMTP : Transmission vers et stockage sur le serveur de messagerie du destinataire
- Protocole d'accès à la messagerie : récupérer les messages du serveur du destinataire
  - POP : Post Office Protocol [RFC 1939]
    - Authentification (agent-> serveur) et téléchargement
  - IMAP : Internet Mail Access Protocol [RFC 1730]
    - Manipulation des messages sur le serveur
  - HTTP : Hotmail, Yahoo Mail, Gmail, etc.

POP3 et IMAP

POP3

- Mode par téléchargement et suppression
  - Pas de possibilité de retrouver le message si on change d' UA
- Mode par téléchargement et sans suppression
  - Possibilité d'avoir une copie d'email sur chaque client utilisé
- POP3 est sans état

IMAP

- Maintien des messages sur le serveur
- Permettre aux utilisateurs d'organiser leur boite aux lettres en répertoire
- IMAP maintient des états

DNS : Domain Name System

- Une personne => plusieurs identifiants
  - Numéro de Sécurité Social, nom, passeport ..
- Hôtes et routeurs sur Internet
  - Une adresse IP (32 bits) pour identifier le destinataire d'un paquet
  - « nom de domaine», par ex. « www.yahoo.fr » utilisé par les humains
- Q : comment trouver une correspondance entre un nom et une adresse IP ?
- Système de résolution de nom de domaine (DNS)
  - Une BD mondiale, distribuée et hiérarchique
  - Fiable et scalable :
    - Plusieurs serveurs de nom
- Protocole de niveau applicatif
  - Hôtes et serveurs de nom communiquent pour résoudre des noms de hôtes
    - Nom de domaine et Adresse IP correspondante

Services DNS

- Résolution
  - Nom de hôte ➔ Adresse IP

text.esams.wikimedia.org. IN **A** 91.198.174.232

- Alias
  - Nom d'alias (canonique)

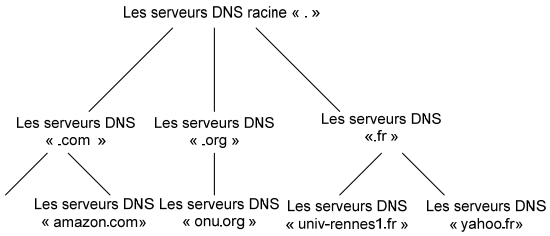
fr.wikipedia.org. IN **CNAME** text.wikimedia.org.

  - Nom pour les serveurs d'email

wikimedia.org. IN **MX** 10 mchenry.wikimedia.org.

- Résistance aux pannes et équilibrage de charge (load balancing)
  - Plusieurs adresses IP peuvent correspondre à un seul nom de domaine
- Contrôle de l'accessibilité/censure ! : gestion dynamique des enregistrements
- Authentification des enregistrements : DNSSEC

DNS hiérarchique



Un client veut récupérer l'@IP de www.univ-rennes1.fr

- Interrogation d'un des serveurs *racines* pour trouver le serveur DNS du domaine *.fr*
- Le client interroge le serveur DNS de *.fr* afin de trouver le serveur DNS du domaine *univ-rennes1.fr*
- Le client interroge le serveur DNS de *univ-rennes1.fr* pour obtenir l'@IP de *www.univ-rennes1.fr*

DNS Roots

- Ils sont contactés par les serveurs DNS, qui n'arrivent pas à résoudre directement une requête
- Un serveur de noms du domaine « . » (dit racine)
  - Connait un serveur faisant autorité sur chaque domaine TLD
  - Renvoie ce résultat au serveur de noms local

13 serveurs dans le monde

Les TLD (Top Level Domain) et les serveurs *authoritative* (autorité)

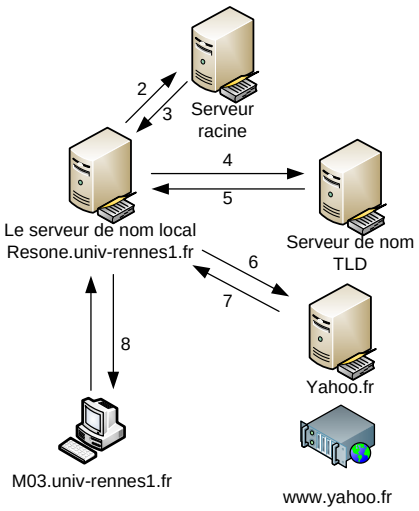
- Les serveurs de noms TLD : responsables des domaines de noms com, org, net, edu, tv, .., et ceux représentant les pays fr, es, uk, dz
  - Par ex., le *.fr* est géré par l'AFNIC
- Les serveurs de noms faisant autorité : les serveurs de noms d'une entreprise, d'un institut, ou d'une organisation
  - Peuvent être gérer par l'entreprise ou l'organisation
  - Contiennent les enregistrements des noms appartenant au domaine de l'entreprise

Serveur de noms local

- Chaque FAI ou Institution (Université) à son serveur de noms local
  - Le serveur de noms par défaut
- Il reçoit les requêtes de résolution de noms émises par les hôtes de son domaine
  - Il fonctionne comme un proxy, il transfert les requêtes vers le système DNS
- Il reçoit les requêtes de résolution de noms des hôtes et serveurs distants
  - Il répond à ces requêtes
  - Il connait le nom et adresse des hôtes de son domaine

Exemple

- Une machine (m03.univ-rennes1.fr) veut résoudre le nom www.yahoo.fr



DNS : le système de cache

- Une réponse DNS peut être mise en cache
  - Chaque entrée du cache a une durée de vie
  - Les informations sur les serveurs des domaine TLD sont naturellement rapidement mises en cache au niveau de tous les serveurs locaux
    - Eviter les requêtes vers les serveurs de noms du domaine de noms racine
- RFC 2136

DNS

- Stockage distribuée des données : Resource records (RR)
  - Format RR : (nom, valeur, type, ttl)
- Type A
  - Nom : nom d'une machine
  - Valeur : l'adresse IP de la machine
- Type CNAME
  - Nom : nom d'une machine
  - Valeur : le nom canonique de la machine
- Type MX
  - Nom : nom de domaine
  - Valeur : le nom du serveur de mail associé au nom de domaine

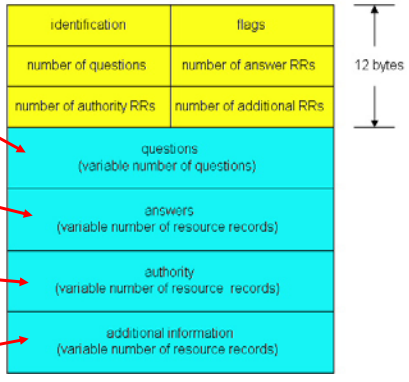
DNS format message

RRs sur lesquels portent la requête

RRs en réponse à une requête

RRs en réponse (authoritative servers)

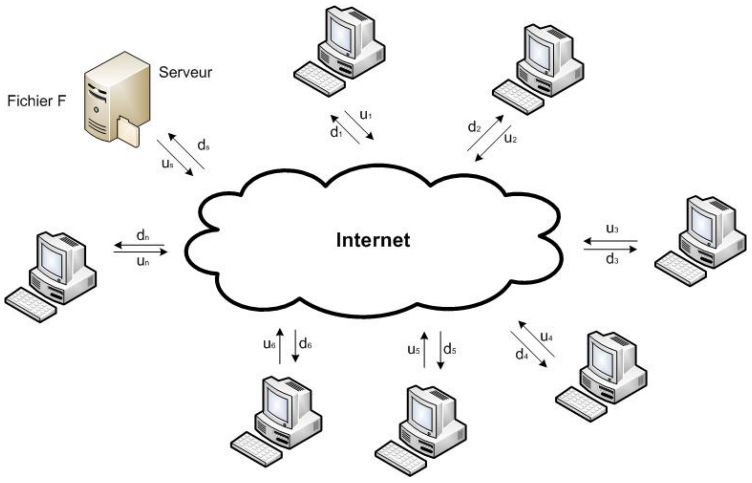
Informations complémentaires



Architecture P2P

- Partage de fichier : Bitorrent, Gnutella
- Téléphonie sur IP : Skype

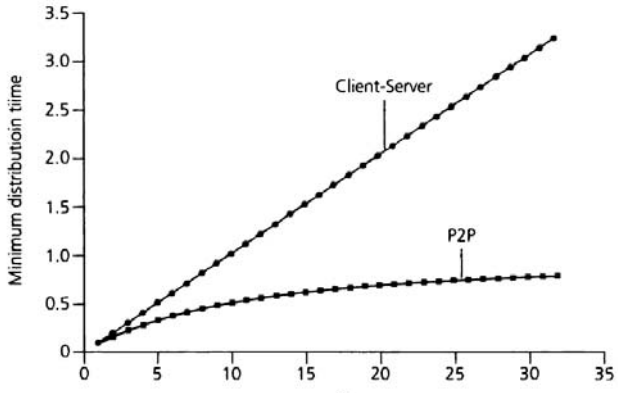
Partage de fichier : client/serveur vs p2p



Partage de fichiers : client/serveur vs p2p

- Architecture client/serveur
  - Temps (minimum) pour satisfaire la demande de N clients : $D_{cs} >= Max\ (N.F/u_s\ ,\ F/d_{min}\ )$
- Architecture p2p
  - Initialement, uniquement le serveur a le fichier
  - Temps (minimum) pour satisfaire la demande de N clients : $D_{p2p} >= Max\ (F/u_s\ ,\ F/d_{min}, N.F/u_s+u_1+...u_N)$

Partage de fichiers : client/serveur vs p2p

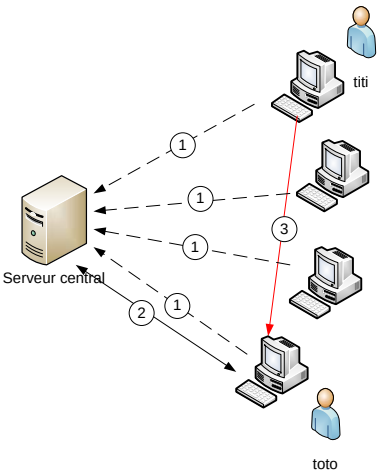


- On suppose que tous les peers ont la même capacité d'envoi
- F/u = 1 heure, u_s = 10u.

P2P centralisé

- Le fonctionnement de « *Napster* »

1) Lorsqu'un peer se connecte, il envoie au serveur central, son IP, et le contenu à partager avec les autres peers
2) Toto interroge le serveur pour le fichier « fich1 »
3) Toto demande le fichier « fich1 » à Titi



P2P centralisé : problèmes

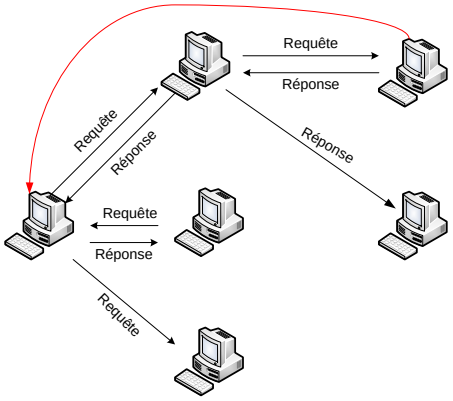
- Point central : pas de tolérance aux pannes
- Congestion autour du serveur

⇨ Le transfert de fichier est décentralisé, mais la localisation du contenu est centralisée

P2P décentralisé : Gnutella

- Complètement distribué
  - Pas de serveur central
- Protocole publique
- Le réseau overlay: graphe
  - L'existence d'une connexion TCP entre un peer X et Y est représentée par un arc dans le réseau overlay
  - Le réseau overlay : les arcs et les peers
  - Un arc n'est pas un lien physique
  - En moyenne, chaque peer a moins de 10 voisins

Le protocole Gnutella



- Requêtes envoyées via les connexions TCP
- Chaque peer diffuse la requête
- La réponse (@IP) est renvoyé sur le même chemin que la requête

Recherche du contenu ?

- Organisation en enregistrement d'une base de données (BD) : nom du contenu, adresse IP du détenteur de ce contenu
- Difficile à mettre en place dans un environnement décentralisé (p2p)
- Solution : distribuer la BD sur l'ensemble des peers
  - Chaque peer contiendra une partie de la BD
  - Chaque peer interroge la BD pour une paire de clé particulière

Exemple de recherche sur la BD distribuée

- Toto recherche la dernière distribution Linux, il interroge la BD distribuée.
- La DB sait que Titi est responsable de la clé « Linux ».
- Alors la DB demande à Titi d'envoyer l'adresse des détenteurs du contenu « Linux »

Solution DB distribué

- Solution naïve : répartir aléatoirement les clés sur tous les peers.
- Chaque peer interroge l'ensemble des peers pour connaître les détenteurs du contenu.
- Solution très couteuse.

✓ Distributed Hash Table (DHT)

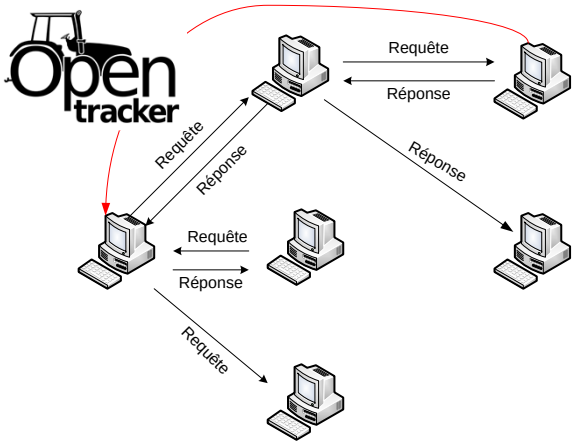
Distributed Hash Table (DHT)

- Affecter un identifiant à chaque peer, entre 0 et 2^{n-1}
- Utiliser une fonction spéciale qui associe un nom de contenu avec une valeur
  - Fonction de hachage : ex. MD5, SHA
- Associer le contenu avec l'identifiant le plus proche.
- Ex.
  - On suppose que n=4, donc les identifiants de peer ainsi que les valeurs (clés) sont dans l'intervalle [0,15].
  - On suppose que 7 peers sont dans le réseau ayant comme identifiant 1,3,5,7,8,10,13 et on cherche le contenu « Linux » dont la valeur produite par la fonction de hachage est 12.
  - Le peer le plus proche de 12 est 13.

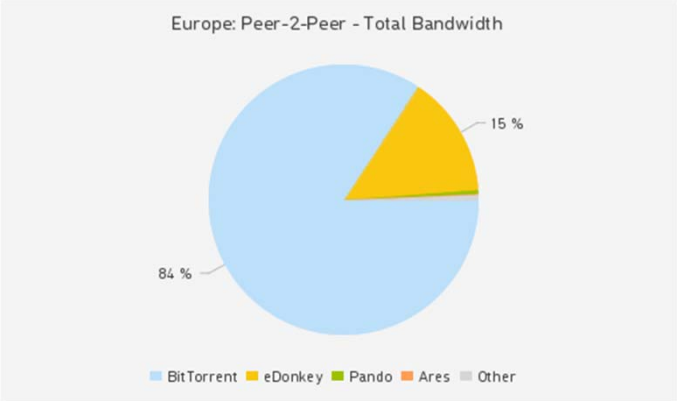
P2P : BitTorrent

- Protocole et client BitTorrent (représentait 30% du trafic du cœur du réseau en 2011)
- Pas de recherche de contenu
  - Un fichier .torrent, contient un ensemble d'informations (tracker) pour le téléchargement de contenus
  - Obtenu à partir d'un serveur web
- Un torrent => une session de transfert d'un seul contenu entre peers
- Deux types de peers
  - Seeds :
    - proposent le téléchargement du contenu en entier
    - restent connectés
  - Leechs :
    - proposent le téléchargement d'un chunk (morceau)
    - téléchargent un chunk qu'ils n'ont pas encore
    - volatiles

BitTorrent



P2P stat.

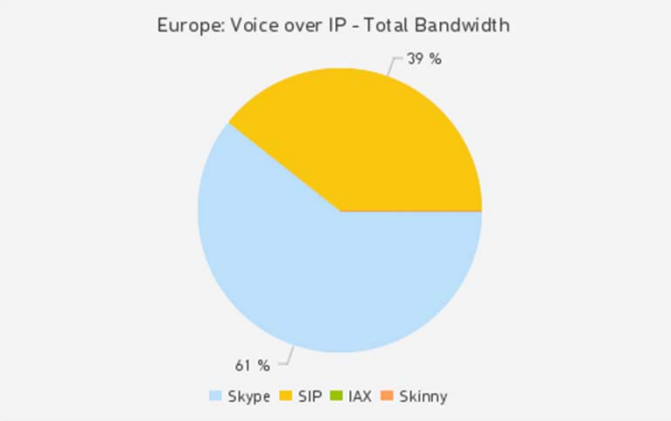


Source : http://www.internetobservatory.net/europe

Skype VoIP basé sur P2P

- Crée par le concepteur de KaZaa
- Racheté par eBay à 2,6 milliards de dollars et récemment par Microsoft
- Protocole propriétaire, tous les messages sont chiffrés
- Notion de superNode (super nœud)
  - Elu en fonction de leur grande capacité
  - Permet de traverser le NAT
  - Maintient la liste des connectés

Skype vs VoIP



Source : http://www.internetobservatory.net/europe

Couche Application : sommaire

- Les protocoles : HTTP, SMTP, FTP, DNS, P2P, etc.
- Modèle d'échanges Client/Serveur
  - Le client demande un service (des informations)
  - Le serveur répond avec les données, un statut (code)
- Le format des messages :
  - En-tête du message : des champs contenant des informations de contrôle sur les données
  - Corps du message : les données
- Quelques points importants :
  - Message de contrôle et les messages de données
  - Avec état ou bien sans état
- Transfert fiable versus transfert non fiable