Introduction aux services réseaux - R2.05

Architecture des réseaux

Cours 1

Michel Salomon

IUT de Belfort-Montbéliard
Département d'informatique

basé sur un cours de Frédéric Suter

Ouvrage de référence

Computer Networking : A Top-Down Approach
Jim Kurose and Keith Ross. Addison-Wesley.

Plan des savoirs réseaux étudiés en R2.05

Étude des couches hautes de la pile protocolaire

- **Couche Application**
  - Principe des applications
  - *World Wide Web*
  - Transfert de fichiers
  - Courrier électronique
  - Nom de domaine
- Couche Transport
  - Rôle de la couche transport
  - Description des protocoles de la couche transport

Couche Application

- Qu'est-ce qu'une application réseau ?
- Description de protocoles de niveau application
  - *World Wide Web* - HTTP
  - Transfert de fichiers - FTP
  - Courrier électronique (courriel) - *e-mails*
    - Envoi $\Rightarrow$ SMTP
    - Réception $\Rightarrow$ POP3, IMAP
  - Partage de fichiers Pair-à-Pair
  - ***D**omain **N**ame **S**ystem*

Grande variété d'applications réseau

- *World Wide Web*
- Courrier électronique
- Messagerie instantanée
- Transfert de fichiers
- Partage de fichiers
- Jeux en réseau
- Vidéo à la demande
- Téléphonie sur Internet
- Vidéoconférence
- Calcul distribué (Seti@Home, Climateprediction.net, Rosetta@home, etc.)
- etc.

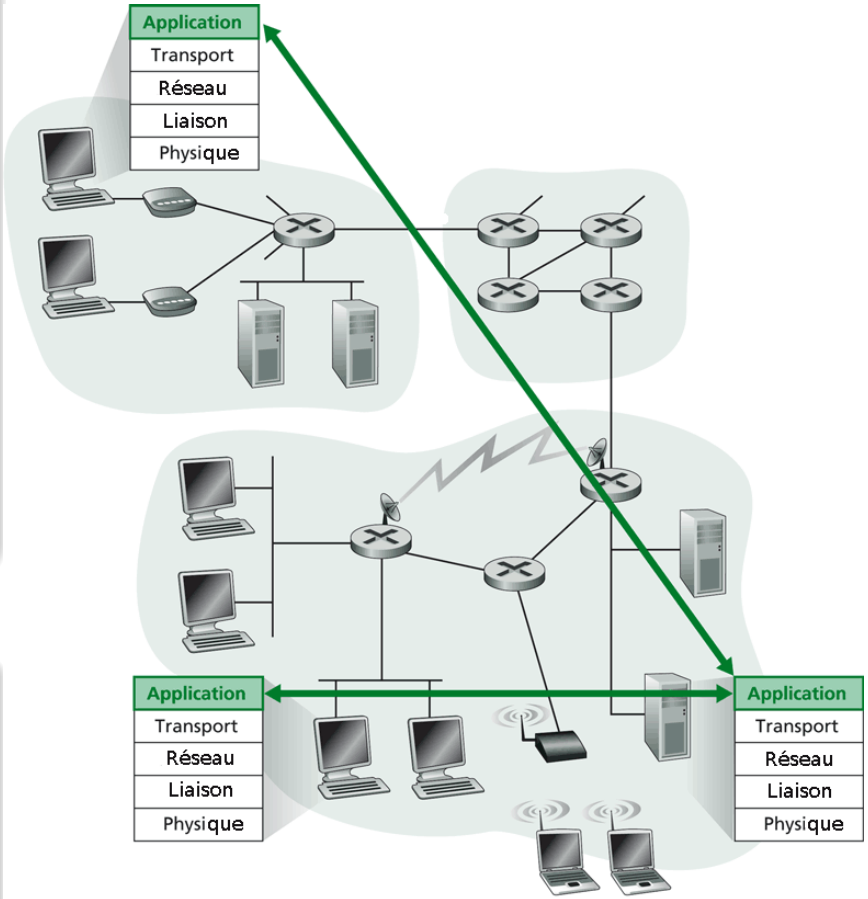
Qu'est-ce qu'une application réseau

Extrémités du réseau

- **Programmes** fonctionnant
  - sur **différents types d'hôtes** ;
    - PCs, PDAs, Macs, etc.
  - dans **différents systèmes d'exploitation** ;
    - Linux, MacOS, Windows, etc.
- communiquant via un réseau
- Exemple : client Web $\leftrightarrow$ serveur Web

Cœur du réseau

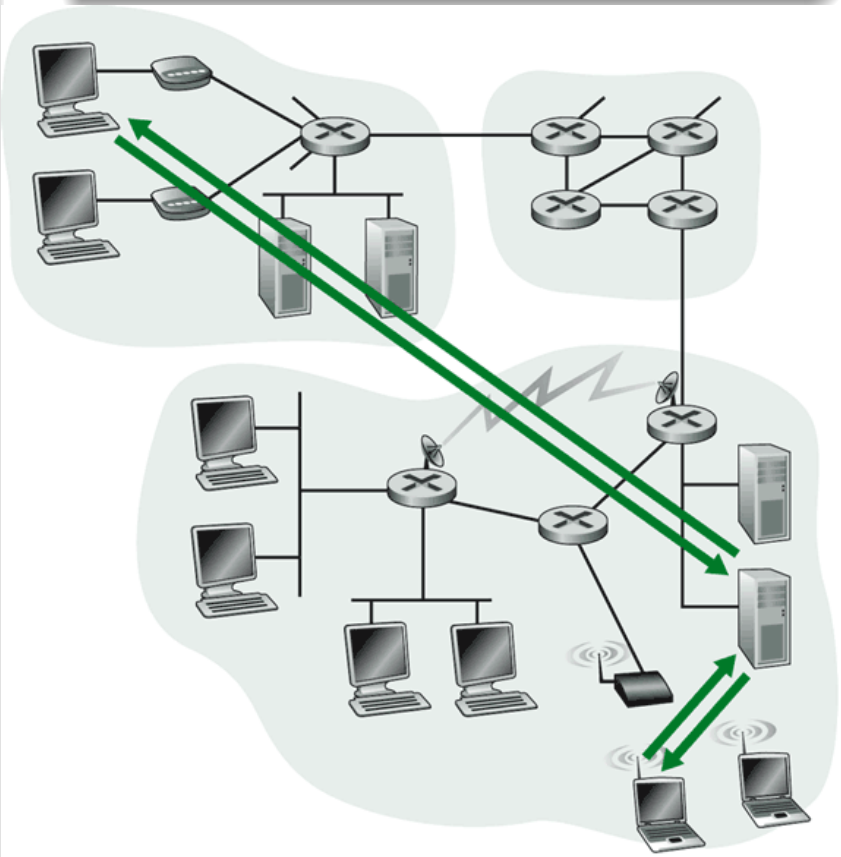
- **Pas d'applications utilisateur**
- Applications aux extrémités
  - Développement rapide
  - Déploiement rapide



Architecture des applications - 1. Client / Serveur

- Client
  - Hôte parfois volatile
  - Adresse IP dynamique (souvent)
  - Caractéristiques
    - Actif (initie la communication)
    - Envoie des requêtes au serveur
    - Attend / reçoit les réponses
  - **Pas de com. entre clients**
- Serveur
  - Hôte toujours actif
  - Adresse IP statique
  - Caractéristiques
    - Passif
    - Attend les requêtes de clients
    - Traite une requête, renvoie une réponse
  - Ferme de serveurs

Métaphore du garçon de café et du consommateur



Architecture des applications - 2. 3-tiers

Applications “métiers” construites au-dessus
des protocoles d’application d’Internet

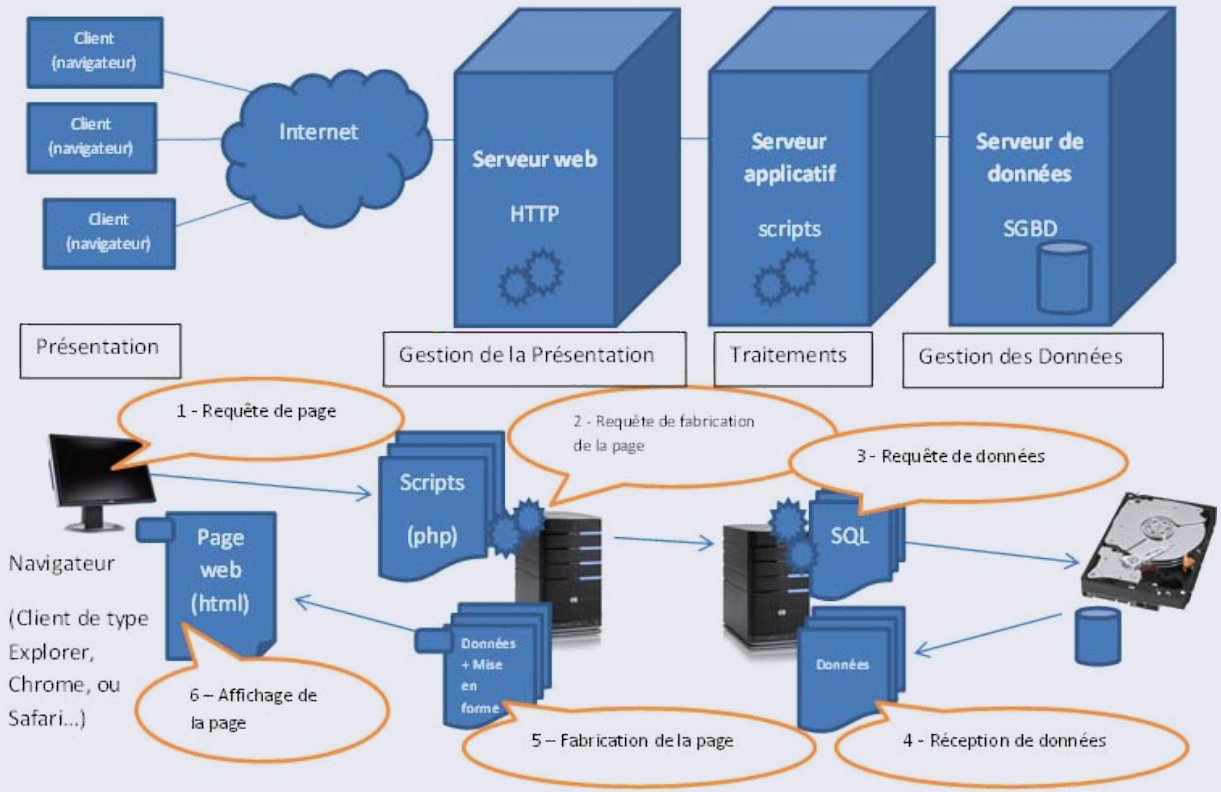
- Client
  - Actif (initie la communication)
  - Envoie des requêtes à un serveur unique
  - Attend / reçoit les réponses
- Serveur **unique vu par les clients**, dit **serveur frontal**
  - Passif
  - Attend les requêtes de clients
  - **Recourt à d’autres serveurs pour traiter les requêtes**
  - Renvoie la réponse après l’avoir mis en forme

- Architecture assez largement utilisée aujourd’hui en tirant parti des langages de programmation dits web
  - PHP, JSP, Flask Python, etc.

Architecture des applications - 2. 3-tiers

Les 3-tiers ⇒ Client / Métier / Données

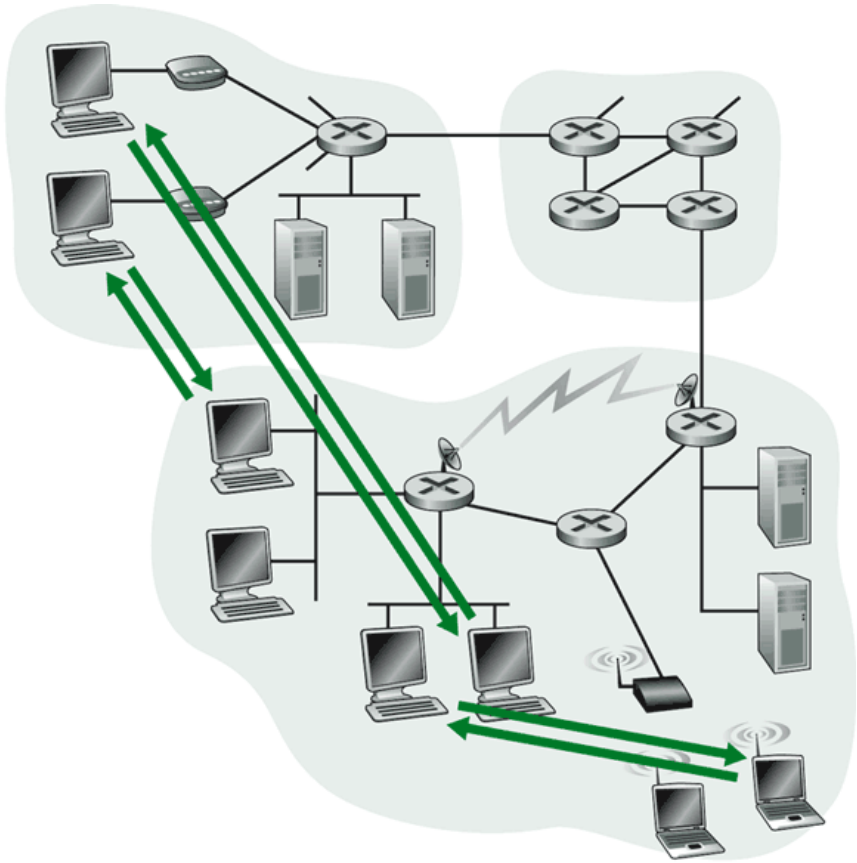
- Tiers 1 → présentation (affichage)
- Tiers 2 → traitement (application implémentant la logique métier)
- Tiers 3 → accès aux données (stockage dans des fichiers, SGBD)



Architecture des applications - 3. Pair-à-Pair (vrai)

Pair-à-Pair = *Peer-to-Peer* = *P2P*

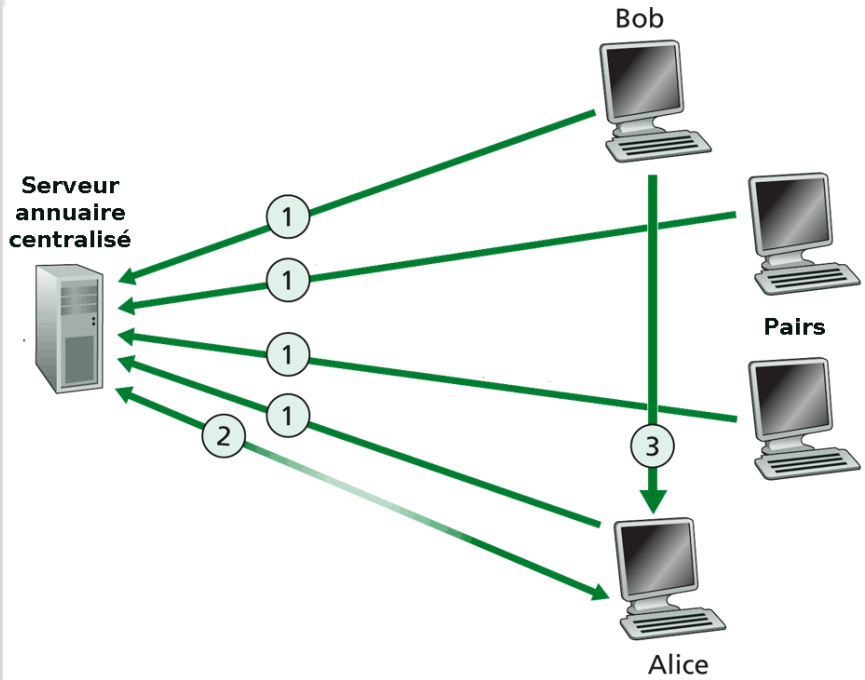
- Pair (*Peer*)
  - Hôte souhaitant partager une ressource (à disposition / l'utiliser)
    - Fichiers
    - Flux multimédias
    - etc.
  - Volatile
    - Changement d'adresse IP
    - Connexion intermittente
- **Pair "à la fois" client et serveur**
- Communication entre pairs
- Intérêt → **extension aisée**
- Inconvénient → **difficile à gérer**
- Exemple → Gnutella



Architecture des applications - 4. Hybride

Améliorer la gestion de l'architecture P2P en ajoutant des serveurs

- **Serveur(s)** servant d'**annuaire(s)**
- Fonctionnement
  1. L'annuaire enregistre les pairs
  2. À chaque demande d'un pair, l'annuaire trouve un / des pair(s)
  3. Communication(s) entre pair demandeur et pair(s) indiqué(s)
- Exemple → Napster
  - L'annuaire enregistre les fichiers mis à disposition par chaque pair
- Exemple → Messagerie instantanée
  - L'annuaire répertorie les contacts



Processus communiquants - Qu'est-ce qu'un processus ?

Processus = programme s'exécutant sur un hôte

- Architecture client / serveur
  - **Processus client** → initie une communication
    - Exemples → navigateur Web, lecteur de courrier élec., etc.
  - **Processus serveur** → attend d'être contacté
    - Exemples → serveur Web, serveur courrier élec., etc.
- Architecture pair-à-pair
  - **Processus** à la fois **client et serveur**

Communication entre hôtes = communication entre processus

Processus communiquants - Comment les identifier ?

Un hôte peut exécuter

- des processus clients
- des processus serveurs
- des processus à la fois clients et serveurs

Un processus communiquant (client ou serveur) doit être identifié

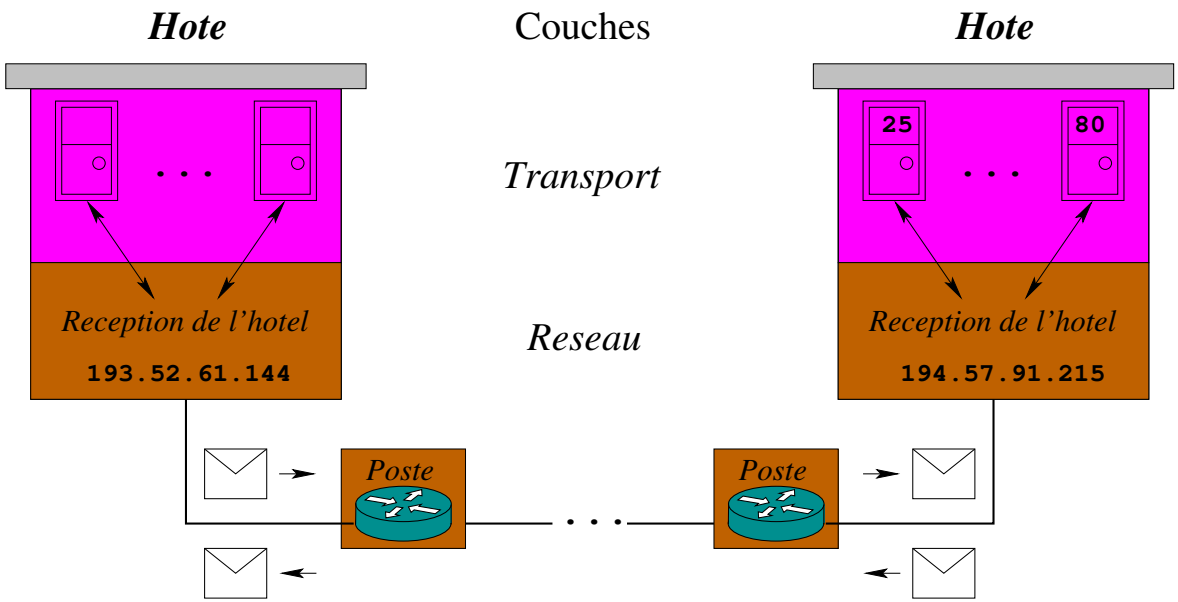
Comment différencier les processus ?

- Par l'adresse IP identifiant sur Internet chaque hôte ?
- Non ! Plusieurs processus s'exécutent sur un même hôte

- **Identification par une adresse IP et un numéro de port**
- Exemples
  - Serveur Web (protocole HTTP) $\rightarrow$ 80
  - Serveur d'envoi de courrier électronique $\rightarrow$ 25
  - etc.

Processus communiquants - Illustration par analogies

- Processus → occupant d'une chambre d'hôtel
  - Adresse IP de l'hôte = adresse de l'hôtel
  - Numéro de port du processus = numéro de chambre
- Communication (commutation de paquets) → courrier postal
  - Expéditeur = adresse IP source et numéro de port
  - Destinataire = adresse IP destination et numéro de port



Protocoles de la couche application et contraintes

Protocoles

- Domaine public → Standards
  - ***Hyper**Text **T**ransfer **P**rotocol* → Web
  - ***S**imple **M**ail **T**ransfer **P**rotocol* → envoi d'*e-mail*
  - ***P**ost **O**ffice **P**rotocol* → relève d'*e-mail*
  - etc.
- Propriétaires → S'imposent par l'usage
  - Gnutella
  - FastTrack (utilisé par Kazaa, etc.)
  - etc.

Contraintes imposées par une application

- Perte de données → accepter ou non un peu de perte
- Temps de réponse → requérir ou non des délais courts
- Débit → requérir ou non un débit minimal

Protocoles et contraintes de certaines applications

Application	Protocole niveau appli.	Perte de paquets	Délais courts	Débit minimal
Web	HTTP	non	non	non
Envoi *e-mail*	SMTP	non	non	non
Relève *e-mail*	POP	non	non	non
Transfert fichiers	FTP	non	non	non
Audio /vidéo	Propriétaires	oui	oui	oui
Jeux	Propriétaires	oui	oui	oui
...	...	...	...	...

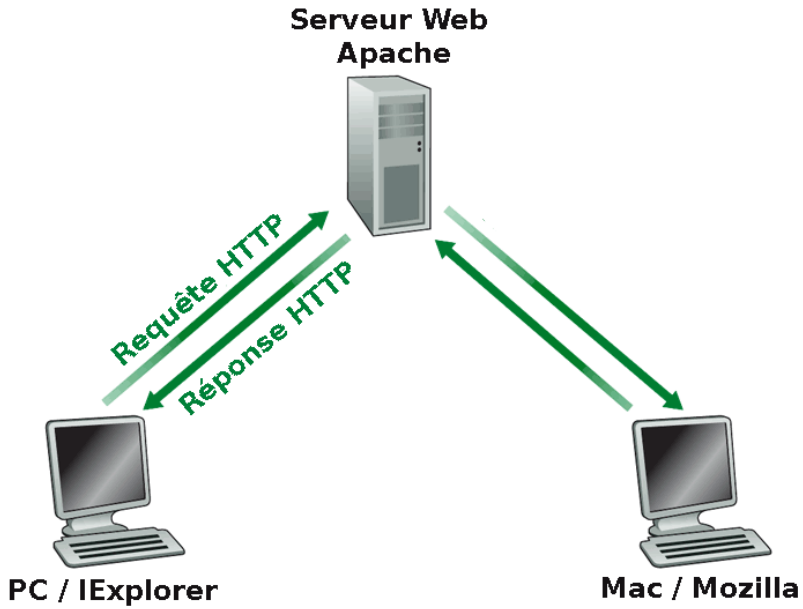
Protocoles de niveau transport

- ***T**ransmission **C**ontrol **P**rotocol* → pas de perte de paquets
- ***U**ser **D**atagram **P**rotocol* → perte de paquets

HyperText Transfer Protocol

Protocole de communication entre navigateur Web et site Web

- Modèle Client / Serveur
  - Navigateur Web
    - Envoie des **requêtes**
    - Affiche les **réponses**
  - Serveur Web (port 80)
    - Reçoit des requêtes
    - Envoie des pages Web, des objets multimédias en réponses
- Transfert de pages Web
  - Hypertexte
- Utilise TCP (poignée de mains)



HTTP n'est pas sécurisé, HTTPS est la variante sécurisée (port 443)

Qu'est-ce qu'une page Web ?

- Fichier écrit avec un **langage de balisage**
  - ***H**yper**T**ext **M**arkup **L**anguage*
  - *e**X**tensible **H**yper**T**ext **M**arkup **L**anguage*
- Rôles des balises
  - Mettre en forme le contenu de la page
  - Inclure d'autres ressources (ou objets) multimédias
- Ressources (ou objets) multimédias
  - De différentes natures
    - Audios → fichiers sons ; visuelles → images JPEG, etc.
    - Audiovisuelles → fichiers vidéos
    - Logicielles → applets Java, etc.
    - Textuelles → autres fichiers HTML, etc.
  - Si c'est un fichier → référencé par une adresse
    - Nom de l'hôte + chemin permettant d'atteindre le fichier

`http://www.univ-fcomte.fr/download/site-principal/image/graphisme/entete_1_ufc.jpg`

Qu'est-ce qu'une page Web ?

- Pages web liées par des hyperliens
  - Dynamiques → le serveur génère une page à la volée
  - Statiques → le serveur stocke les différentes pages

Source de la page Web d'accueil de `www.univ-fcomte.fr`

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML+RDFa 1.0//EN"
  "http://www.w3.org/MarkUp/DTD/xhtml-rdfa-1.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" xml:lang="fr" version="XHTML+RDFa 1.0" dir="ltr"
  xmlns:og="http://ogp.me/ns#"
  xmlns:content="http://purl.org/rss/1.0/modules/content/"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/terms/"
  xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:sioc="http://rdfs.org/sioc/ns#"
  xmlns:sioct="http://rdfs.org/sioc/types#"
  xmlns:skos="http://www.w3.org/2004/02/skos/core#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#">

<head profile="http://www.w3.org/1999/xhtml/vocab">
  <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<link rel="shortcut icon" href="https://www.univ-fcomte.fr/sites/all/themes/ufc_central/favicon/favicon.ico" type="image/vnd.microsoft.icon" />
<meta name="viewport" content="initial-scale=1.0, width=device-width" />
<meta name="generator" content="Drupal 7 (https://www.drupal.org)" />
<link rel="canonical" href="https://www.univ-fcomte.fr/" />
<link rel="shortlink" href="https://www.univ-fcomte.fr/" />
<meta property="og:site_name" content="Université de Franche-Comté" />
<meta property="og:type" content="website" />
<meta property="og:url" content="https://www.univ-fcomte.fr/" />
<meta property="og:title" content="Université de Franche-Comté" />
  <title>Université de Franche-Comté |</title>
  <link rel="apple-touch-icon" sizes="57x57" href="/sites/all/themes/ufc_central/favicon/apple-icon-57x57.png">
    <link rel="apple-touch-icon" sizes="60x60" href="/sites/all/themes/ufc_central/favicon/apple-icon-60x60.png">
    <link rel="apple-touch-icon" sizes="72x72" href="/sites/all/themes/ufc_central/favicon/apple-icon-72x72.png">
    <link rel="apple-touch-icon" sizes="76x76" href="/sites/all/themes/ufc_central/favicon/apple-icon-76x76.png">
    <link rel="apple-touch-icon" sizes="114x114" href="/sites/all/themes/ufc_central/favicon/apple-icon-114x114.png">
```

Quel est le rôle des cookies ?

Utilisés pour mémoriser des informations / états

- Autorisation
- Panier d'achats
- Profil de consommation
- État d'une session utilisateur (exemple : Webmail)
- etc.

Cookies et vie privée

- Les cookies permettent à un site d'en apprendre beaucoup
  - Habitudes de consommation
  - Suivre votre exploration d'un site
  - etc.
- Certains cookies peuvent stocker des données "sensibles"
  - Nom et e-mail
  - Identifiant et mot de passe de connexion

Conserver un état via un cookie

- Composants
  1. En-tête de requête HTTP (client → serveur) `Cookie`
  2. En-tête de réponse HTTP (client ← serveur) `Set-cookie`
  3. Fichier sur la machine de l'utilisateur, géré par son navigateur
  4. Base de données sur le site Web
- Exemple
  - En surfant sur Internet, Alice visite un site de vente en ligne pour la première fois
  - À sa première requête HTTP arrivant sur le site, sont créés :
    - un identifiant unique ;
    - une entrée pour cet identifiant dans une base de données
  - L'association site-identifiant est stockée localement sur la machine d'Alice via un cookie géré par le navigateur

Un cookie peut être **temporaire** ou **persistant** (en jours, mois, ...)

Un cookie est-ce un mouchard et peut-on s'en passer ?

- Un cookie n'est **pas vraiment un mouchard**
  - Il permet effectivement de suivre la visite d'un site
    - Via un cookie attaché à une bannière (publicitaire)
  - Mais pas de façon nominative (infos attachées à un hôte)
  - Difficile d'obtenir l'identité (croisement de bases de données)
- Parfois, classement abusif d'un cookie comme mouchard
  - Outils de sécurité le voyant comme un *spyware* (espiologiciel)
  - Un espiologiciel est un programme $\rightarrow$ pas le cas d'un cookie
- Certains services sur le Web nécessitent souvent un cookie
  - Webmail ; Forums ; etc.

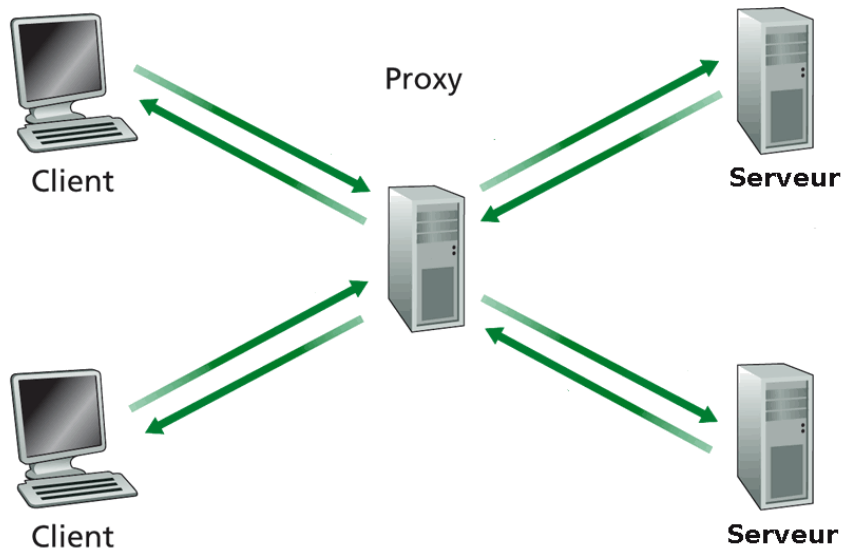
Politique de Cookies - Bases légales

- Cookies nécessaires au fonctionnement, à la sécurité du site
  - Intérêt légitime
- Pour les autres types de cookies (tiers et publicitaires)
  - Consentement de l'utilisateur nécessaire

Cache Web (ou serveur Proxy) - Objectif

Satisfaire la requête d'un client sans impliquer le serveur d'origine

- Utiliser un serveur intermédiaire
- Configuration du navigateur
  - Passage par le serveur Proxy faisant office de cache
- Requêtes HTTP du navigateur envoyées au cache
  - Ressource présente dans le cache $\rightarrow$ envoi de l'objet caché
  - Ressource absente du cache
    1. requête envoyée par le Proxy au serveur d'origine
    2. réponse reçue mise en cache par le Proxy
    3. envoi de l'objet caché



Cache Web (ou serveur Proxy) - Mise en œuvre et intérêt

Mise en œuvre

- Joue à la fois le rôle de client et de serveur
- Habituellement déployé par un FAI ou une institution (Université, Entreprise, etc.)
- Doit contrôler régulièrement la validité des ressources stockées

Pourquoi mettre en cache ?

- Réduire le temps de réponse à une requête
- Réduire le trafic réseau sur un lien d'accès (vers le routeur)
- Permet aux fournisseurs de contenu lents de livrer efficacement leur contenu

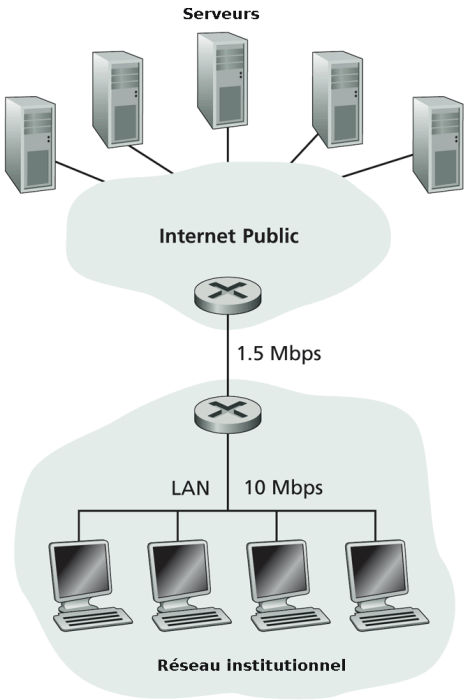
Sécurité accrue

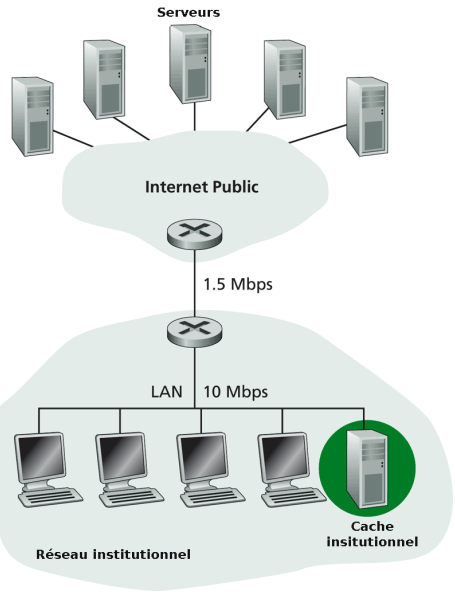
- Clients masqués par le serveur Proxy sur Internet
- Filtrage des requêtes

Cache Web (ou serveur Proxy) - Intérêt

Que faire en cas de saturation d'un lien accès ?

Un serveur Proxy donne de meilleurs résultats et à moindre coût, si on compare avec l'augmentation du débit du lien





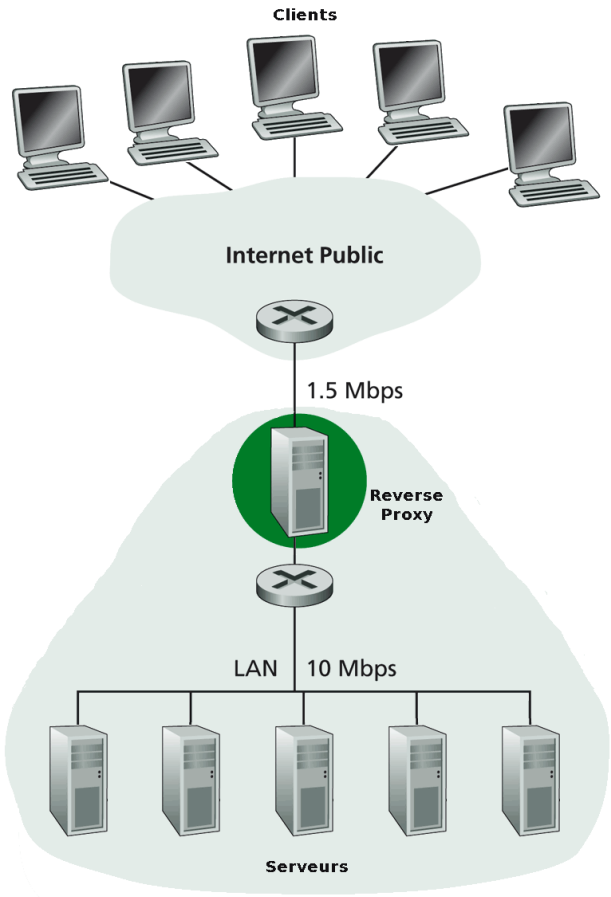
Taux de réussite d'un cache en général entre 20 et 70%

Reverse Proxy - Utilisation dans l'autre sens

Intermédiaire entre des clients Internet et des serveurs internes

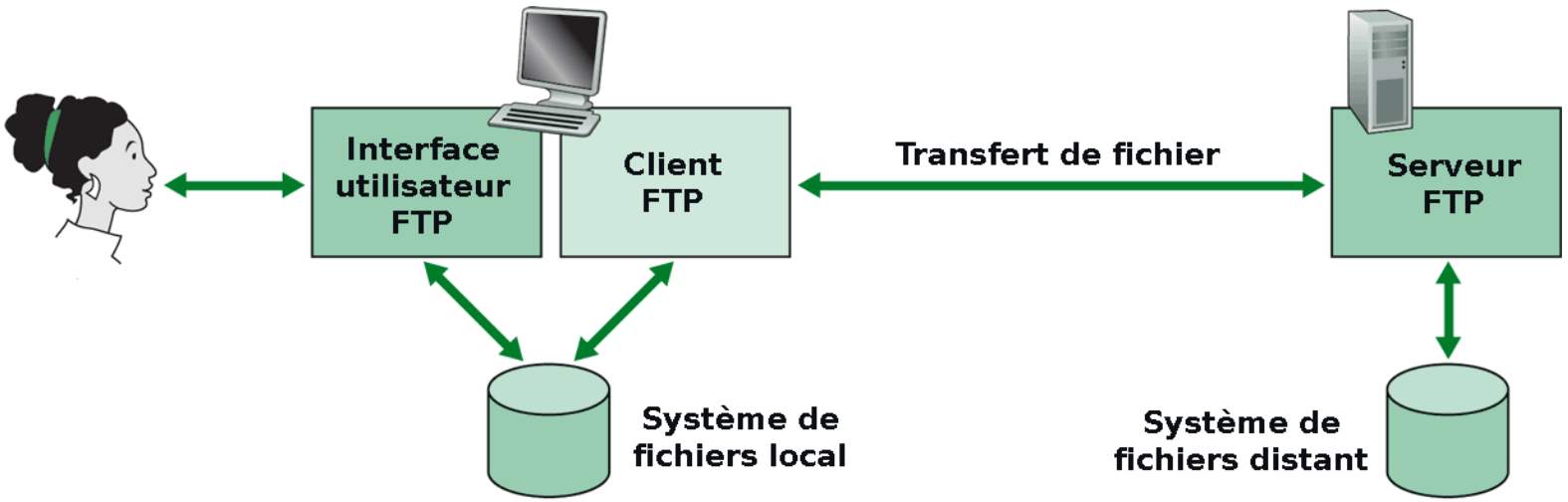
- Mise en cache des requêtes les plus fréquentes (pages / objets statiques)
- Sécurité accrue du site interne
- Répartition de la charge via une redirection vers différents serveurs

Un *Reverse* Proxy soulage un serveur et sécurise l'accès

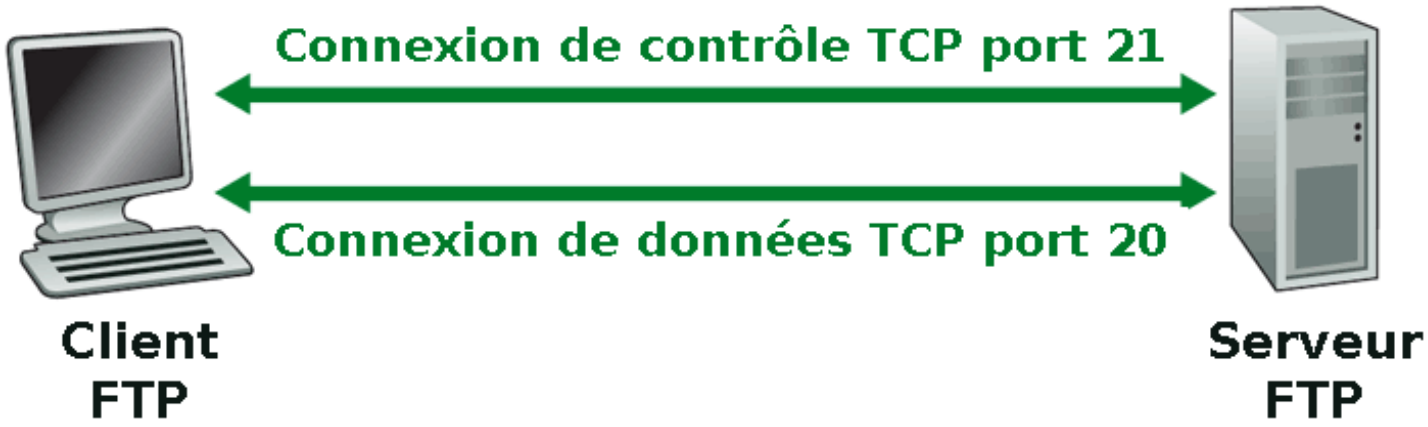


File Transfer Protocol

- Transférer un / des fichier(s) depuis / vers un hôte distant
- Modèle Client / Serveur
  - Client FTP → initie le transfert
  - Serveur FTP → en attente de connexions sur le port 21



File Transfer Protocol



- Utilisation de la connexion de contrôle
  - Pour l'authentification du client
    - l'autoriser ou non à se connecter
  - Pour envoyer les demandes de transfert
    - envoyer ou recevoir un ou des fichier(s)
- Utilisation de la connexion de données
  - Pour la transmission des données

Courrier électronique

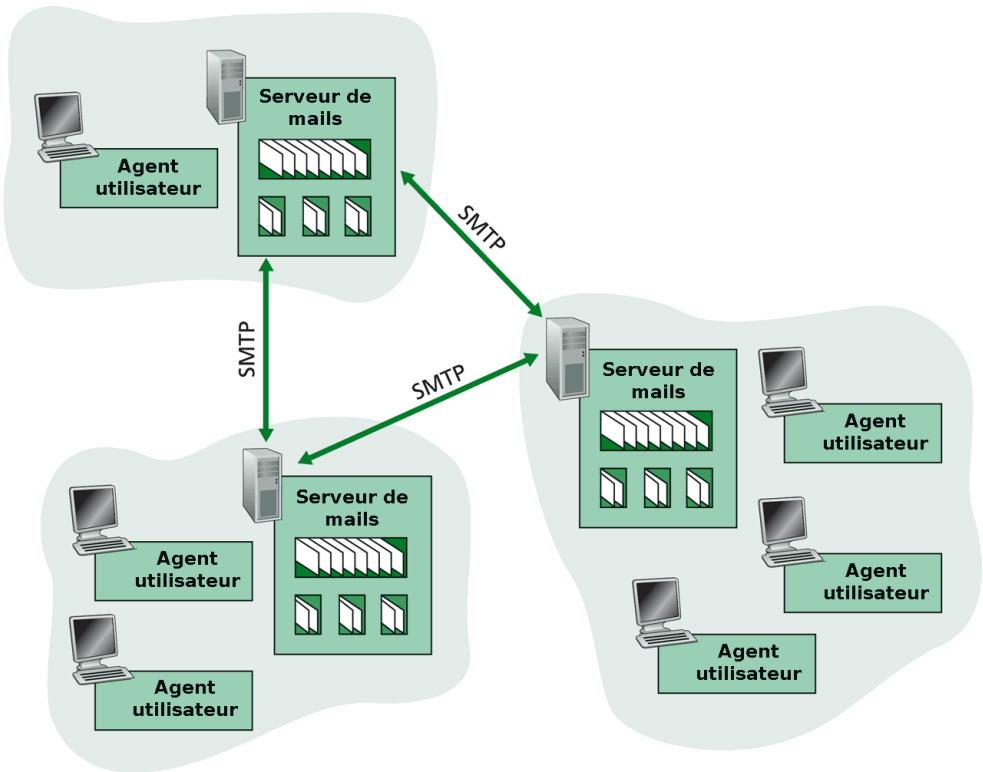
- La messagerie électronique est devenue un outil indispensable
- Normalisée il y a plusieurs dizaines d'années
- Pouvant être l'objet d'utilisations malveillantes ou abusives
  - Diffusion de SPAM, c.-à-d. du courrier élec. non sollicité
  - Diffusion de vers
  - etc.

Composants majeurs

- Agents utilisateurs
- Serveurs de messagerie (ou *mail*)
- Différents protocoles
  - Envoi de courriel $\rightarrow$ ***S**imple **M**ail **T**ransfer **P**rotocol* (port 25)
  - Relève d'un courriel dans une **B**oîte **A**ux **L**ettres
    - ***P**ost **O**ffice **P**rotocol* (port 110)
    - ***I**nternet **M**essage **A**ccess **P**rotocol* (port 143)

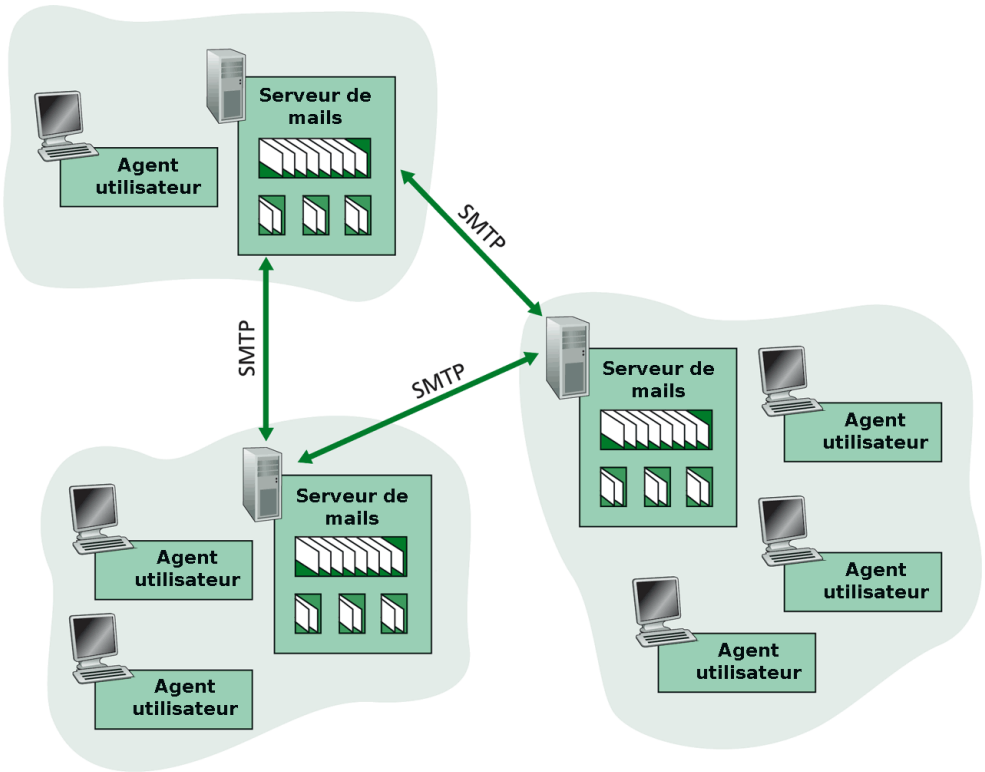
Composants du courrier électronique - Agent utilisateur

- Client de messagerie
  - Eudora, Outlook, Thunderbird, Pine, etc.
- Composition, édition et lecture d'e-mails
- Messages sortants et entrants stockés sur le serveur



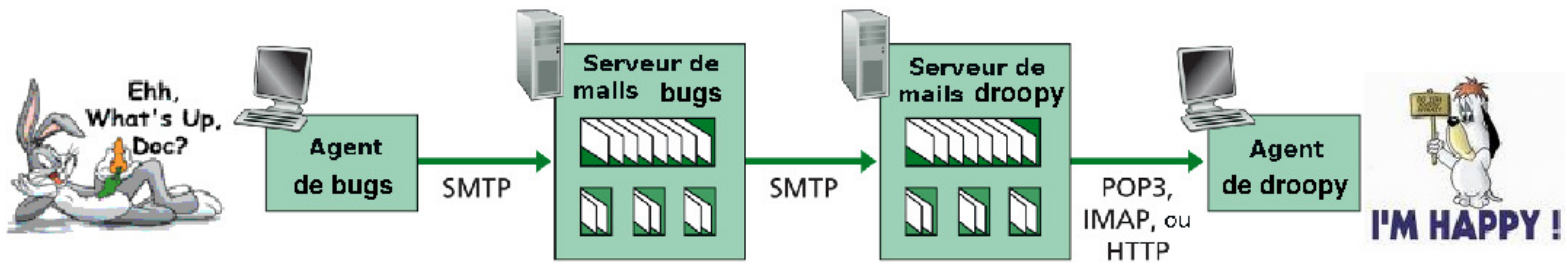
Composants du courrier électronique - Serveurs

- Une **file de messages**
  - Messages élec. sortants → à envoyer
- Des **Boîtes Aux Lettres**
  - Une BAL contient les messages entrants → à relever
- Transfert des messages entre serveurs via le protocole SMTP

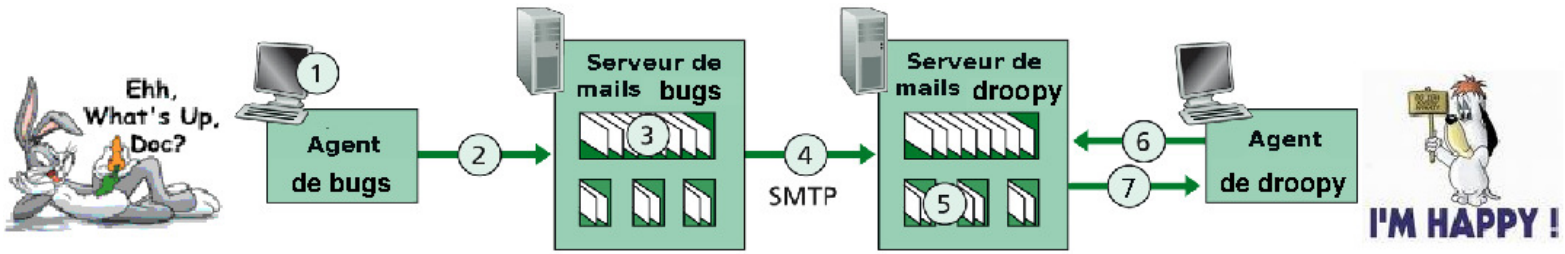


Comment est transmis un message ?

- Considérons deux utilisateurs :
  - *bugs bunny* ayant `bugsbunny@acme.com` pour adresse élec.
  - *droopy* ayant `droopy@texavery.com` pour adresse élec.
- Serveurs à disposition des deux utilisateurs
  - Habituellement deux serveurs distincts
    - envoi de messages → `smtp.acme.com` et `smtp.texavery.com`
    - relève des messages
      → `pop.acme.com` ou `imap.acme.com` ;
      → `pop.texavery.com` ou `imap.texavery.com`
- *Bugs bunny* envoie un message à *droopy*

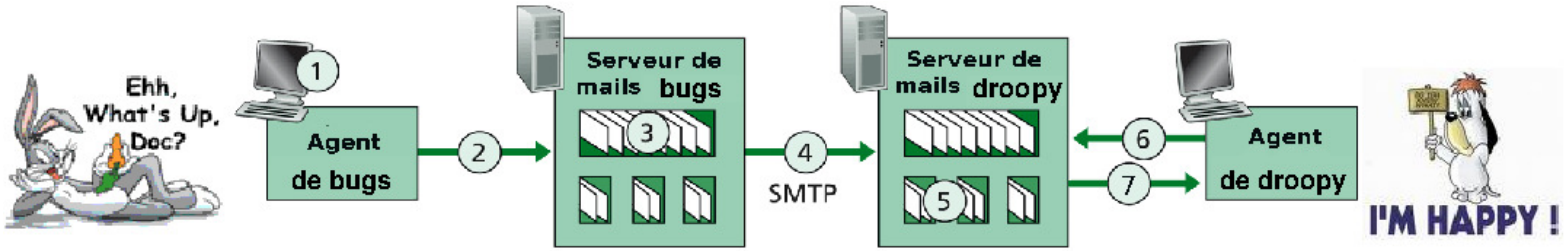


Comment est transmis un message ?



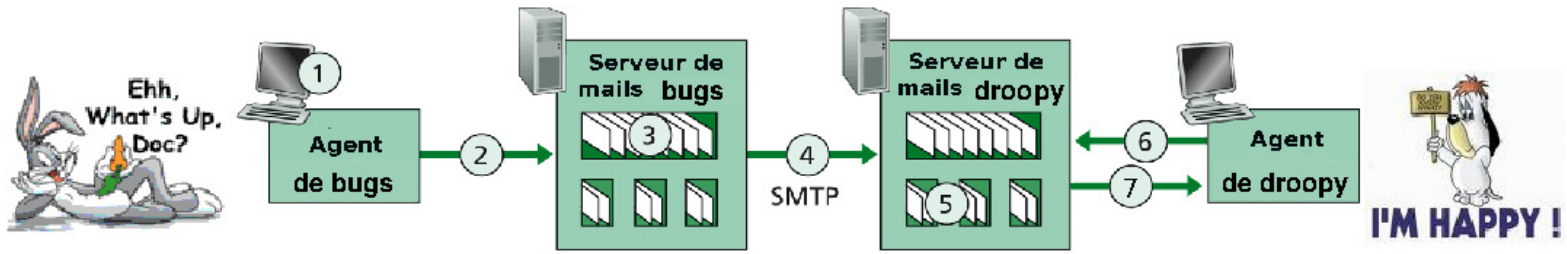
1. *Bugs* rédige un e-mail pour `droopy@texavery.com`

Comment est transmis un message ?



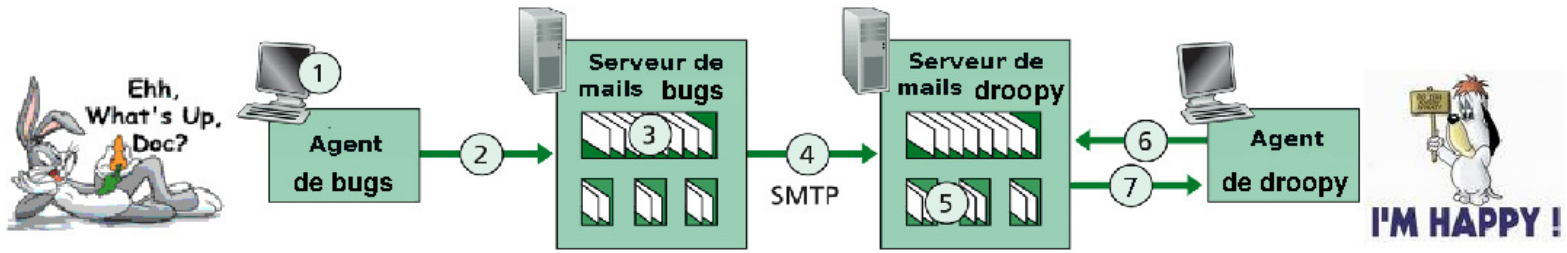
1. *Bugs* rédige un e-mail pour `droopy@texavery.com`
2. L'agent utilisateur de *bugs* envoie le message à son serveur `smtp.acme.com` $\rightarrow$ mis dans la file d'attente

Comment est transmis un message ?



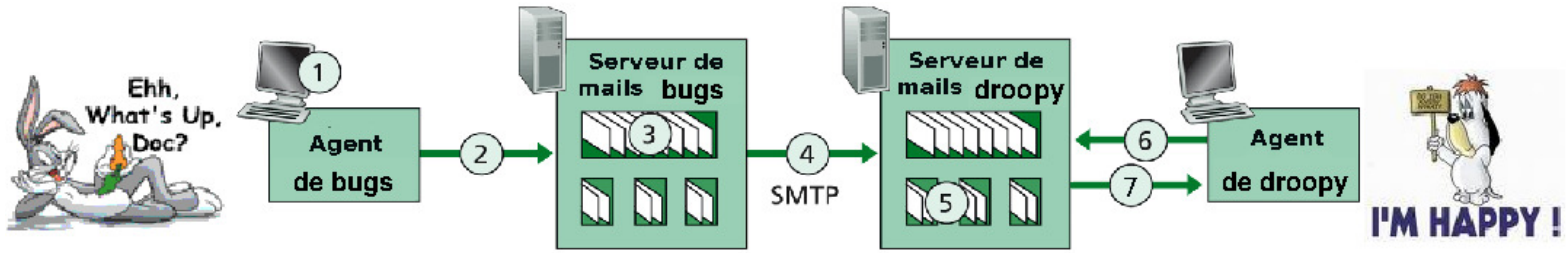
1. *Bugs* rédige un e-mail pour `droopy@texavery.com`
2. L'agent utilisateur de *bugs* envoie le message à son serveur `smtp.acme.com` $\rightarrow$ mis dans la file d'attente
3. Le serveur SMTP de *Bugs* ouvre une connexion TCP avec le serveur SMTP de *Droopy*

Comment est transmis un message ?



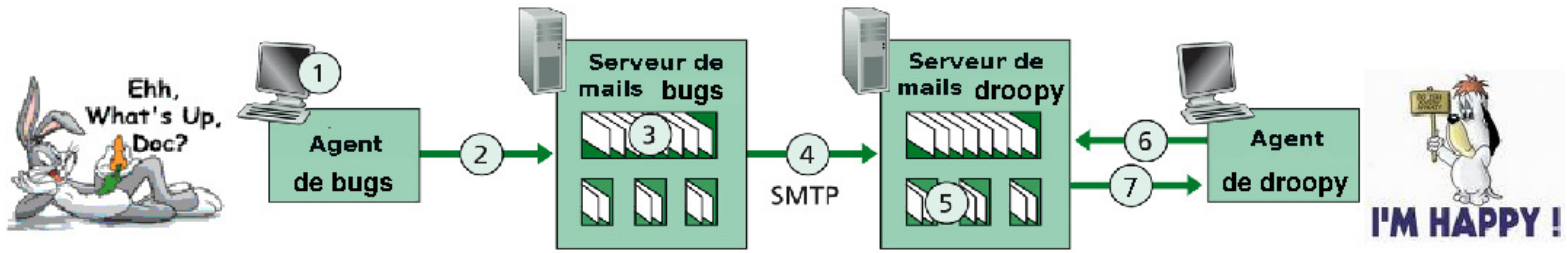
1. *Bugs* rédige un e-mail pour `droopy@texavery.com`
2. L'agent utilisateur de *bugs* envoie le message à son serveur `smtp.acme.com` → mis dans la file d'attente
3. Le serveur SMTP de *Bugs* ouvre une connexion TCP avec le serveur SMTP de *Droopy*
4. Le serveur SMTP de *bugs* envoie le message sur la connexion

Comment est transmis un message ?



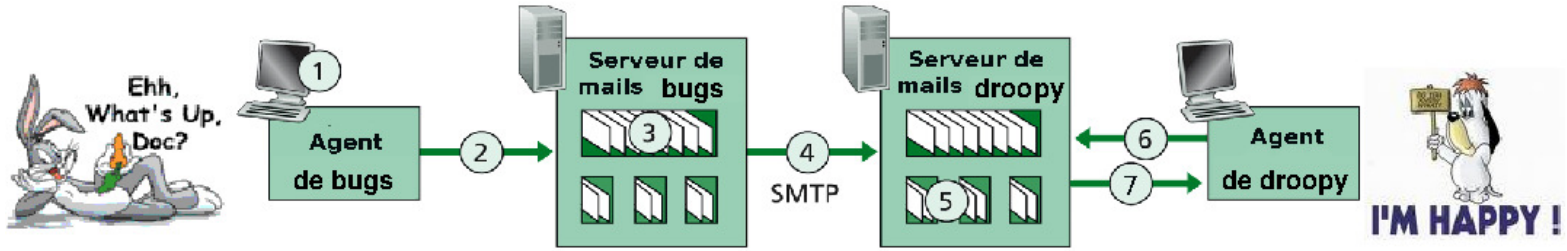
1. *Bugs* rédige un e-mail pour `droopy@texavery.com`
2. L'agent utilisateur de *bugs* envoie le message à son serveur `smtp.acme.com` $\rightarrow$ mis dans la file d'attente
3. Le serveur SMTP de *Bugs* ouvre une connexion TCP avec le serveur SMTP de *Droopy*
4. Le serveur SMTP de *bugs* envoie le message sur la connexion
5. Le serveur SMTP de *Droopy* place le message dans sa BAL

Comment est transmis un message ?



1. *Bugs* rédige un e-mail pour `droopy@texavery.com`
2. L'agent utilisateur de *bugs* envoie le message à son serveur `smtp.acme.com` $\rightarrow$ mis dans la file d'attente
3. Le serveur SMTP de *Bugs* ouvre une connexion TCP avec le serveur SMTP de *Droopy*
4. Le serveur SMTP de *bugs* envoie le message sur la connexion
5. Le serveur SMTP de *Droopy* place le message dans sa BAL
6. *Droopy* demande à son agent de relever sa BAL

Comment est transmis un message ?



1. *Bugs* rédige un e-mail pour `droopy@texavery.com`
2. L'agent utilisateur de *bugs* envoie le message à son serveur `smtp.acme.com` $\rightarrow$ mis dans la file d'attente
3. Le serveur SMTP de *Bugs* ouvre une connexion TCP avec le serveur SMTP de *Droopy*
4. Le serveur SMTP de *bugs* envoie le message sur la connexion
5. Le serveur SMTP de *Droopy* place le message dans sa BAL
6. *Droopy* demande à son agent de relever sa BAL
7. Le serveur POP de *Droopy* envoie le(s) nouveau(x) message(s)

Simple Mail Transfer Protocol (port 25)

- Protocole de transfert d'emails dans Internet
  - d'un client à un serveur ;
  - d'un serveur à un autre serveur (modèle client / serveur)
- Transfert direct de serveur à serveur
- Assure l'acheminement jusqu'à une BAL
  1. Analyse de la partie droite de l'adresse élec. du destinataire
  2. Si
     - le domaine le concerne
       $\rightarrow$ recherche la BAL associée à la partie gauche de l'adresse ;
     - le domaine ne le concerne pas
       $\rightarrow$ demande l'adresse IP du serveur SMTP le gérant
  3. Le message est
     - soit rangé dans la BAL ;
     - soit envoyé au serveur SMTP identifié par l'adresse IP

Simple Mail Transfer Protocol (port 25)

- Interaction Client / Serveur sous forme Commande / Réponse
  - Commande → texte ASCII
  - Réponse → code et phrase de statut

```
Serveur  : 220 texavery.com
Client   : HELO acme.com
Serveur  : 250 Hello acme.com, pleased to meet you
Client   : MAIL FROM : <bugsbunny@acme.com>
Serveur  : 250 bugsbunny@acme.com... Sender ok
Client   : RCPT TO : <droopy@texavery.com>
Serveur  : 250 droopy@texavery.com ... Recipient ok
Client   : DATA
Serveur  : 354 Enter mail, end with "." on a line by itself
Client   : Subject : Playing together ?
Client   : Do you like my cartoons ?
Client   : How about playing in the same one ?
Client   : .
Serveur  : 250 Message accepted for delivery
Client   : QUIT
Serveur  : 221 texavery.com closing connection
```

Enveloppe, structure et format d'un message

- L'enveloppe d'un message correspond aux données SMTP
  - `MAIL FROM:` → adresse de l'expéditeur
  - `RCPT TO:` → adresse du destinataire
- L'en-tête d'un message contient les informations suivantes :
  - To :
  - From :
  - Subject :
  - le chemin suivi par le message ;
  - etc.
- Le corps du message suit l'en-tête
- Un "." seul sur une ligne termine un message

Quasiment pas de liens entre l'enveloppe
et le message (en-tête+texte)

Détails de l'en-tête

- `Return-Path` : adresse pour répondre ou renvoyer le message
- `Received` : chaque serveur ayant reçu le message y ajoute une ligne → on peut retracer le chemin suivi par le message
- `X-` : extensions de différents composants (serveur, etc.)
- `Message-ID` : identifiant unique ajouté par le premier serveur
- `From` : adresse de l'expéditeur
- `To` : adresse du destinataire
- `Subject` : objet du message
- `Date` : date d'émission écrite par le client de l'expéditeur
- `MIME-Version` : version du mode de codage des données
- `Content-Type` : type de codage utilisé
- `charset` : jeu de caractères utilisé
- `Content-Transfer-Encoding` : codage sur 7 ou 8 bits

Format MIME - Qu'est-ce que c'est ?

Limitations historiques de SMTP

Caractères du jeu ASCII US pour les messages (en-tête et corps)

- Accentuations non disponibles !
- Transferts de données binaires plus complexes !

Solution : *Multipurpose Internet Mail Extensions*

- Transfert de contenus quelconques :
  - textes écrits dans des jeux de caractères étendus / différents ;
  - images, vidéos, sons, etc.
- Comment ?
  - Des en-têtes supplémentaires permettent de décrire le contenu
  - Plusieurs formats de contenu sont disponibles

Format MIME - En-têtes

- `MIME-Version` : numéro de version
- `Content-Type` : décrit le contenu précisément afin que le message puisse être affiché par le destinataire
  - `text/html` ;
  - `image/gif` ;
  - `application/pdf` ;
  - etc.
- Messages composites
  - `multipart` définit un séparateur (`boundary`)
    - `multipart/mixed` : plusieurs éléments à la suite ;
    - `multipart/parallel` : des éléments à montrer simultanément ;
    - etc.
  - entre deux séparateurs : `Content-Type`, `Content-...`, etc.
- etc.

Format MIME - Exemple

```
From: bugsbunny@acme.com
To: droopy@texavery.com
Subject: Text and image
MIME-Version: 1.0
Content-Type: multipart/mixed;
boundary="MonDelimiteur"

-MonDelimiteur
Hello,
This the text of my email.

-MonDelimiteur
Content-Transfer-encoding: base64
Content-Type: image/jpeg
base64 encoded data .....
.........................
...... base64 encoded data
-MonDelimiteur
```

Format MIME - Exemple

```
From: bugsbunny@acme.com
To: droopy@texavery.com
Subject: Text and image
MIME-Version: 1.0
Le délimiteur ne doit pas être contenu dans un des objets\
Content-Type: multipart/mixed;
boundary="MonDelimiteur"
/1er objet (- en début de ligne suivi du délimiteur)
-MonDelimiteur
/Données du 1er objet
Hello,
This the text of my email.
/Fin du 1er objet / début du 2nd
-MonDelimiteur
/Méthode d'encodage du 2nd objet
Content-Transfer-encoding: base64
Content-Type: image/jpeg
\Type du 2nd objet et données\
base64 encoded data .....
.........................
...... base64 encoded data
/Fin du 2nd objet
-MonDelimiteur
```

Format MIME - Exemple

En-têtes

```
From - Mon Sep 26 12:33:42 2022
X-Account-Key: account6
X-UIDL: 95000.P8K09WfhNatQ6y0Nd5zBXcAKI0WIu,v7G5Plc421lVY=
X-Mozilla-Status: 0001
X-Mozilla-Status2: 00000000
X-Mozilla-Keys:
Return-Path: <michel.salomon@univ-fcomte.fr>
Received: from ufcpriv204.univ-fcomte.fr (LHLO ufcpriv204.univ-fcomte.fr)
 (172.20.194.204) by zstore01.univ-fcomte.fr with LMTP; Mon, 26 Sep 2022
 12:33:40 +0200 (CEST)
Received: from ufcpriv204.univ-fcomte.fr (localhost [127.0.0.1])
    by postfix.imss91 (Postfix) with ESMTP id 2DE9E4045CE3
    for <michel.salomon@univ-fcomte.fr>; Mon, 26 Sep 2022 12:33:40 +0200 (CEST)
Received: from smtps.univ-fcomte.fr (ufc218.univ-fcomte.fr [194.57.91.218])
    by ufcpriv204.univ-fcomte.fr (Postfix) with ESMTP id 1F73B4045CCD
    for <michel.salomon@univ-fcomte.fr>; Mon, 26 Sep 2022 12:33:40 +0200 (CEST)
Content-Type: multipart/mixed; boundary="------------PrqmsJ03V8BwziUhiJaKi6DR"
Message-ID: <14024034-9ea0-3c76-249c-e06eae110ccd@univ-fcomte.fr>
Date: Mon, 26 Sep 2022 12:33:39 +0200
MIME-Version: 1.0
User-Agent: Mozilla/5.0 (X11; Linux x86_64; rv:91.0) Gecko/20100101
 Thunderbird/91.13.0
From: Michel Salomon <michel.salomon@univ-fcomte.fr>
Subject: Message pour illustrer MIME
To: michel.salomon@univ-fcomte.fr
Content-Language: fr
X-TM-AS-GCONF: 00

This is a multi-part message in MIME format.
--------------PrqmsJ03V8BwziUhiJaKi6DR
Content-Type: text/plain; charset=UTF-8; format=flowed
Content-Transfer-Encoding: 8bit
```

Format MIME - Exemple

En-têtes

Voici un message contenant un pdf en piÃ¨ce jointe

---

* Michel Salomon - MCF / Assistant professor
-
* UFC / IUT de Belfort-MontbÃ©liard
* 19 avenue du MarÃ©chal Juin
* 90000 Belfort

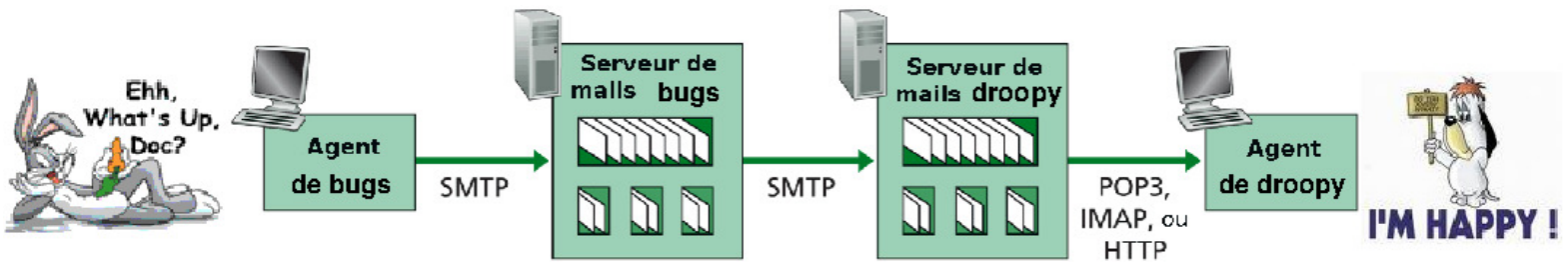
----------PrqmsJ03V8BwziUhiJaKi6DR
Content-Type: x-unknown/pdf; name="coursP1.pdf"
Content-Disposition: attachment; filename="coursP1.pdf"
Content-Transfer-Encoding: base64

JVBERi0xLjUKJdDUxdgKMzMgMCBvYmoKPDwKL1R5cGUgL1hPYmplY3QKL1N1YnR5cGUgL0Zv
cm0KL0JCb3ggWzAgMCAzNjIuODM1IDMuOTg1XQovRm9ybVR5cGUgMQovTWF0cml4IFsxIDAg
MCAxIDAgMF0KL1Jlc291cmNlcyAzNCAwIFIKL0xlbmd0aCAxNSAgICAgICAgICAgICAgICAg
L0ZsYXRlRGVjb2RlCj4+CnN0cmVhbQp42tMPzIAozuACAAf9AfAKZW5kc3RyZWFtCmVuZG9i
ago0MSAwIG9iago8PAovVHlwZSAvWE9iamVjdAovU3VidHlwZSAvRm9ybQovQkJveCBbMCAw
IDU2NjkuMjkxIDhdCi9Gb3JtVHlwZSAxCi9NYXRyaXggWzEgMCAwIDEgMCAwXQovUmVzb3Vy

Post Office Protocol (port 110)

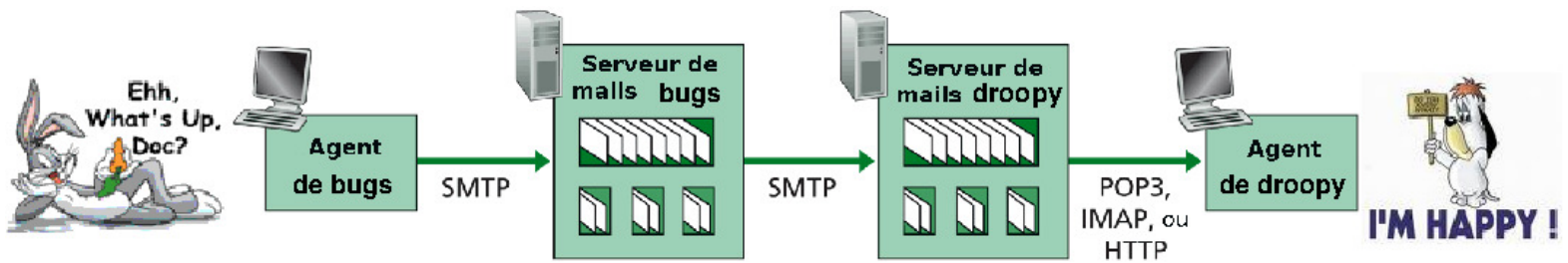
- Protocole d'accès à une BAL → récupération sur le serveur
- Permet de relever périodiquement les messages dans la BAL
  - Relever et supprimer ; Relever et garder
- Récupération complète des messages demandés
- Intéressant si on utilise un seul hôte pour lire son courrier
- Principales commandes

Commande	Description
`USER <login>`	Login de l'utilisateur
`PASS <mot de passe>`	Mot de passe associé au login
`RETR <num.>`	Récupération du message numéro `num.`
`DELE <num.>`	Suppression du message numéro `num.`
`LIST <num.>`	Affiche le message `num.`
`QUIT`	Quitter la connexion en cours



Internet Message Access Protocol (port 143)

- Protocole d'accès à une BAL → récupération sur le serveur
- Permet une gestion directe à distance de la BAL
- Récupération partielle des messages possible
- Intéressant si on utilise différents hôtes pour lire son courrier
- Avantage par rapport à POP
  - Fonctionnalités avancées (accès concurrents, plusieurs BAL, classement des messages, etc.)
  - Changement aisé de l'agent utilisateur
- Inconvénient
  - Prévu pour une utilisation en ligne



Vulnérabilité et attaques

Vulnérabilités

- Absence d'authentification, de confidentialité et d'intégrité
- Contenus exécutables
- Failles de logiciels
- etc.

Attaques

- Atteinte à la vie privée
- Usurpation d'identité
- Diffusion de SPAM
- Diffusion de programmes malveillants (vers, virus, rançongiciel, etc.)
- Déni de service
- etc.

Absence d'authentification, confidentialité et d'intégrité

- Aucun de ces services n'est garanti par le protocole SMTP
- Transfert des messages sans aucune vérification
- Contrôles limités sur l'enveloppe
  - Seul le relayage est contrôlé
  - Le message peut contenir n'importe quoi
- Tous les échanges se font en clair

Ne pas faire une confiance aveugle à un message électronique

Contenus exécutables et déni de service

- Le format MIME permet de transférer des fichiers binaires
  - programmes exécutables ;
  - scripts ;
  - etc.

  → propagation de vers, etc.
  - Exemple : `ILOVEYOU` (*Love Bug*) → milliards de $ de dégats
    - Lettre d'amour ; 3,1 millions de machines infectées en 4 jours
    - Écrit en `VBScript`, il détruisait aléatoirement des fichiers
    - Utilisait Windows Address Book et Outlook pour se propager
- Utilisation déraisonnable de la messagerie ?
  - Grand nombre de messages
  - Messages de taille importante

  → le serveur de messagerie se met hors-ligne

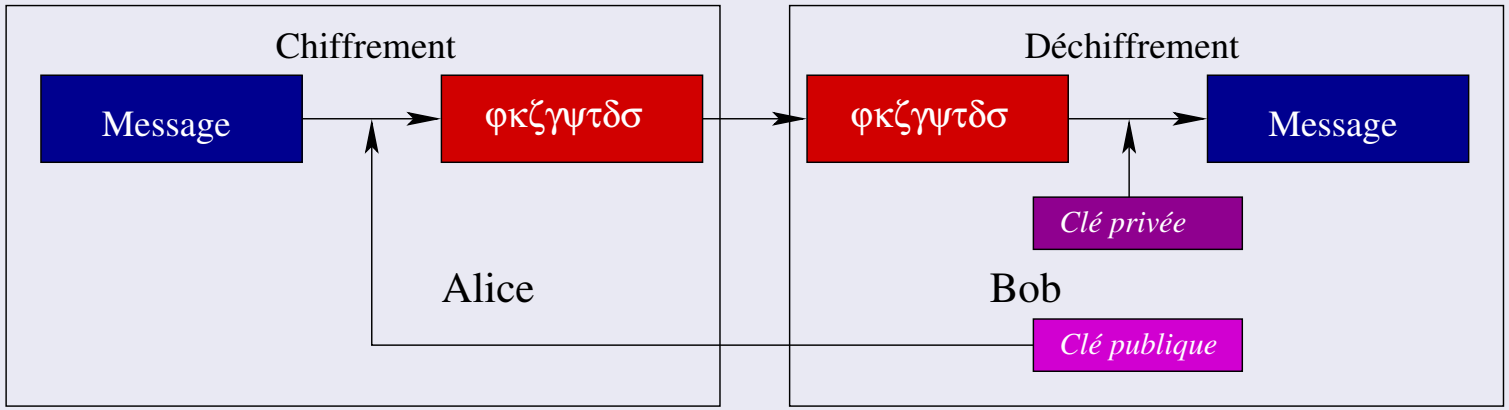
- **Ne pas ouvrir automatiquement les pièces jointes**
- **Une BAL peut être l'objet d'un Mail-bombing**

Solutions pour sécuriser la messagerie

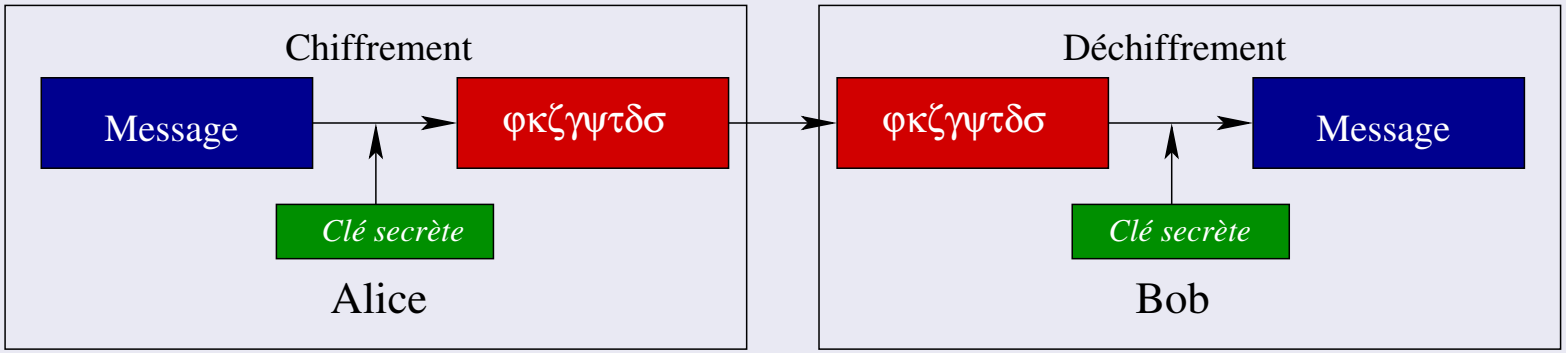
- Sécurisation des flux
  - Sécurisation du contenu ⇒ couche Application
    - Chiffrement et signature électronique des messages
    - Outils : S/MIME et PGP
  - Sécurisation des échanges ⇒ couche Transport
    - Authentification, confidentialité et intégrité des données échangées entre serveurs, entre serveur et agent utilisateur
    - Outils : protocole ***T**ransport **L**ayer **S**ecurity*/SSL pour sécuriser les protocoles de la couche Application
      - SMTP avec TLS/SSL → port 465 ou 587
      - POP avec TLS/SSL → port 995
      - IMAP avec TLS/SSL → port 993
- Filtrage et analyse du contenu des messages
  - Protection contre les programmes malveillants, le SPAM
- Bonnes pratiques de l'utilisateur
  - Charte d'utilisation

Sécurisation du contenu - Confidentialité

Chiffrement asymétrique

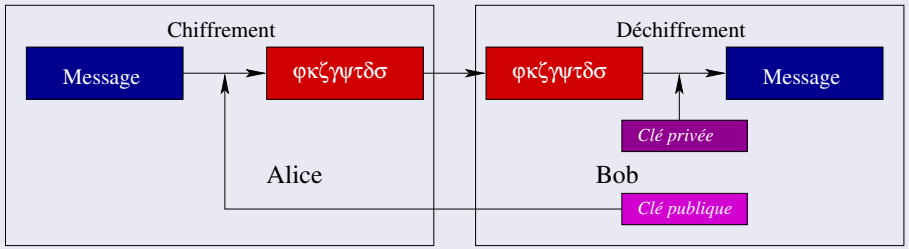


Chiffrement symétrique

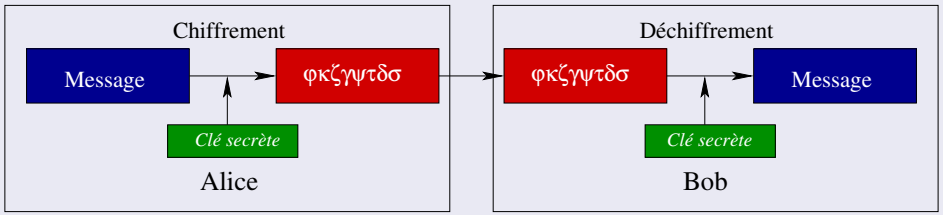


Sécurisation du contenu - Confidentialité

Chiffrement asymétrique



Chiffrement symétrique



- Chiffrement en pratique
  1. Chiffrement asymétrique pour échanger une clé secrète
  2. Chiffrement symétrique avec la clé secrète
- Diffusion des clés publiques
  - Serveur de diffusion des clés ; Certificats

Sécurisation du contenu - Intégrité

L'expéditeur signe son message

1. Calcule une empreinte du contenu → fonction de hâchage
   - Contenus différents → empreintes différentes

     Suite de bits de longueur finie appelée aussi condensat ou haché (*digest* ou *hash*)
   - Pas de prédiction de l'empreinte à partir du contenu
2. Chiffre l'empreinte avec sa clé privée, puis l'ajoute au contenu

Le destinataire vérifie la signature

1. Déchiffre l'empreinte dans le message avec la clé publique de l'expéditeur
2. Calcule l'empreinte du contenu (sans l'empreinte précédente) et la compare avec l'empreinte obtenue précédemment

Sécurisation du contenu - Authentification

- Authentification du propriétaire d'une clé publique
- Certificat = carte d'identité numérique
  - Principe
    - Clé publique signée par une Autorité de Certification (CA)
  - La confiance dans une clé résulte de la confiance dans la CA
    - Infrastructure de gestion des clés
    - Autorité d'Enregistrement
      $\rightarrow$ valide l'identité du propriétaire, signe la demande (Mairie)
    - Autorité de Certification
      $\rightarrow$ reçoit la demande, signe la clé publique et publie le tout (à l'image d'une Préfecture)
  - Format de certificat standard
    - X.509 v3 (1996)

Sécurisation du contenu - S/MIME et PGP, HTTPS

Secure/Multipurpose Internet Mail Extension

- Extension du format MIME
- Développé par RSA Data Security Inc.

Pretty Good Privacy

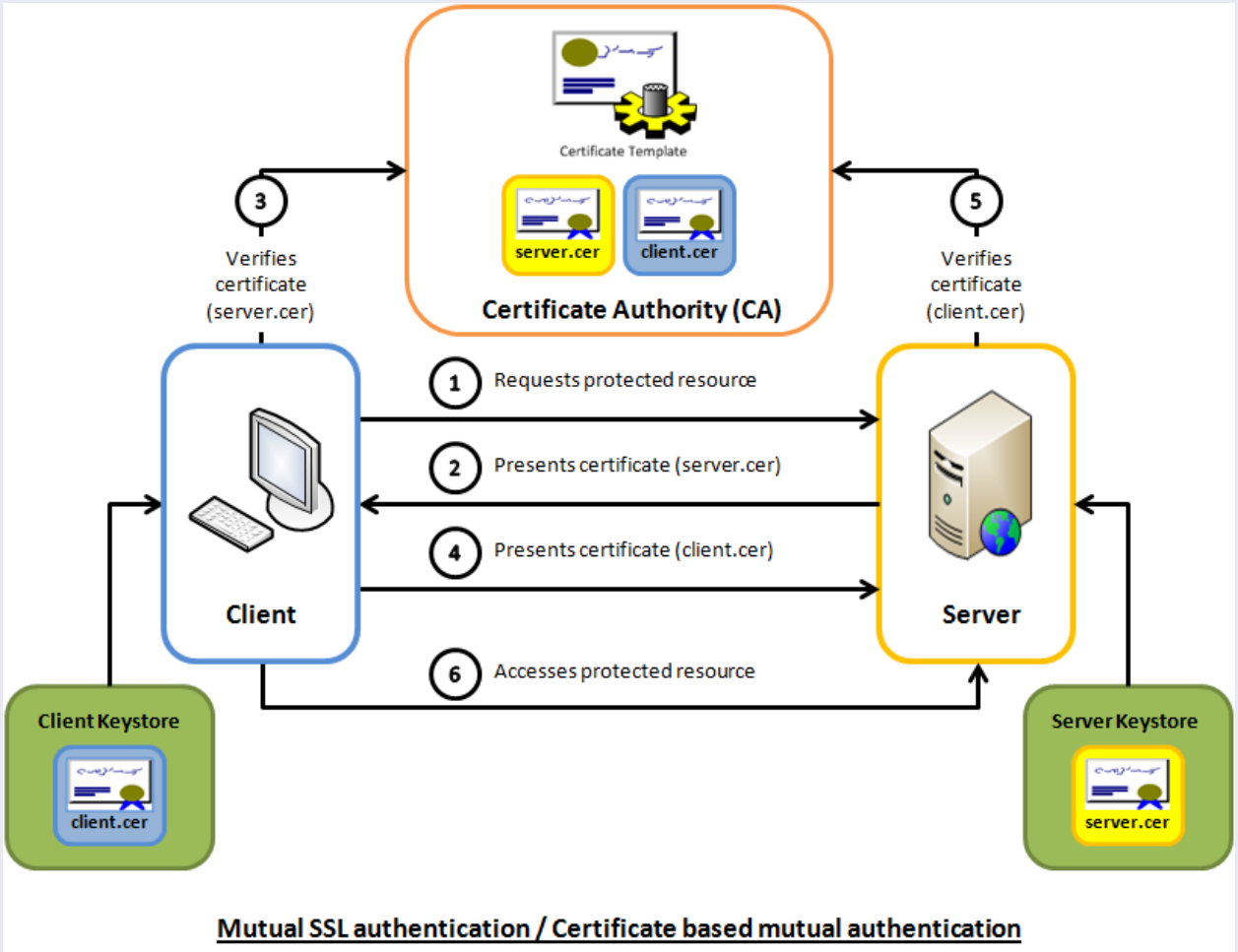
- Même fonctionnalités que S/MIME
- Développé par F. Zimmerman en 1991
- Populaire et bien développé
  - OpenPGP → `www.openpgp.org`
  - GNU Privacy Guard → `www.gnupg.org`
  - Plugin `Enigmail` pour Thunderbird, icedove

Tout deux fournissent un ensemble complet de cryptosystèmes : chiffrements asymétriques et symétriques, signature, empreintes

Sécurisation du contenu - S/MIME et PGP, HTTPS

Poignée de main (*handshake*) SSL / TLS et passage en HTTPS

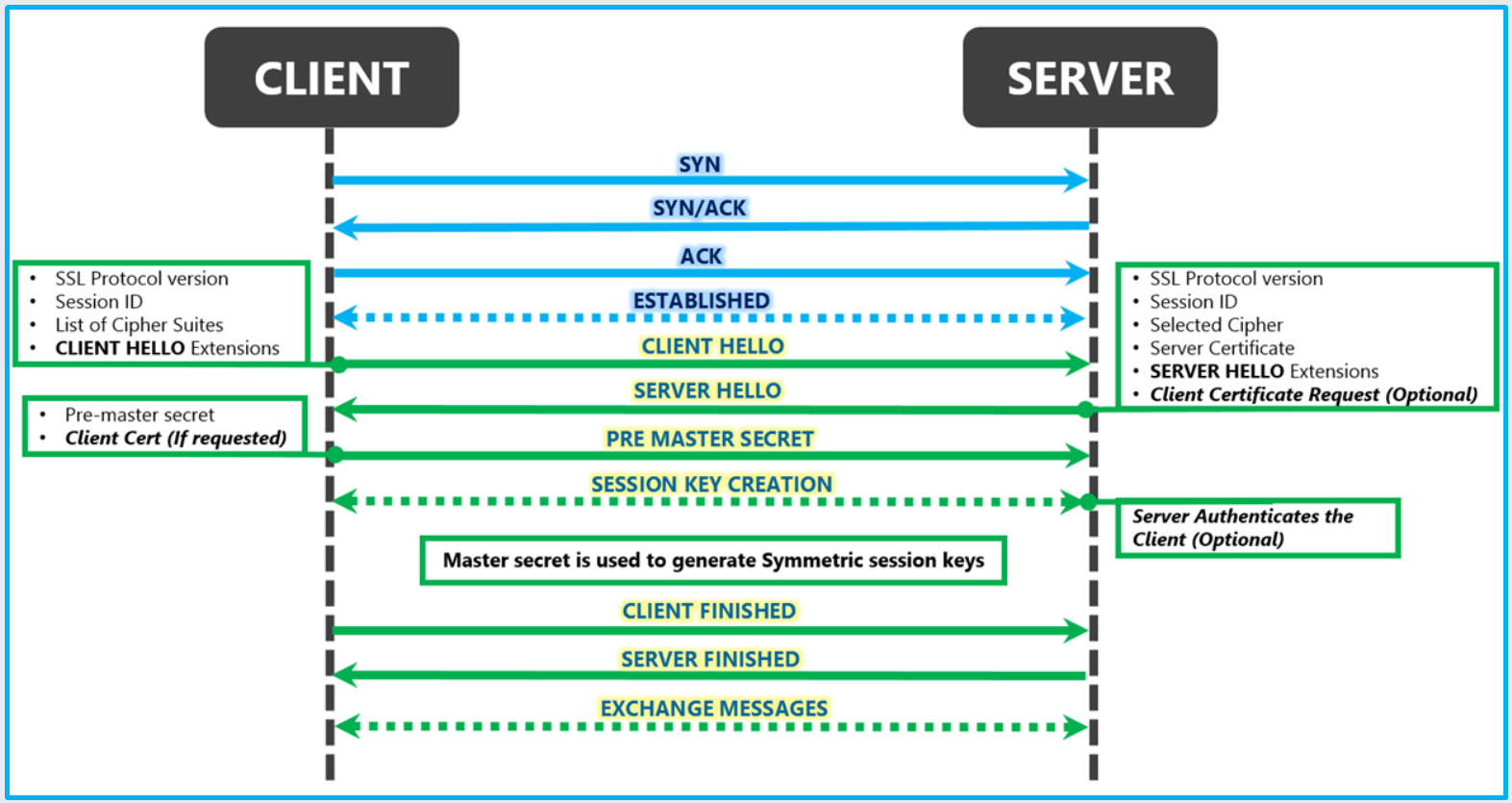
- Authentification mutuelle via des certificats



Sécurisation du contenu - S/MIME et PGP, HTTPS

Poignée de main (*handshake*) SSL / TLS et passage en HTTPS

- Construction des clés de chiffrement symétrique



Partage de fichiers Pair-à-Pair

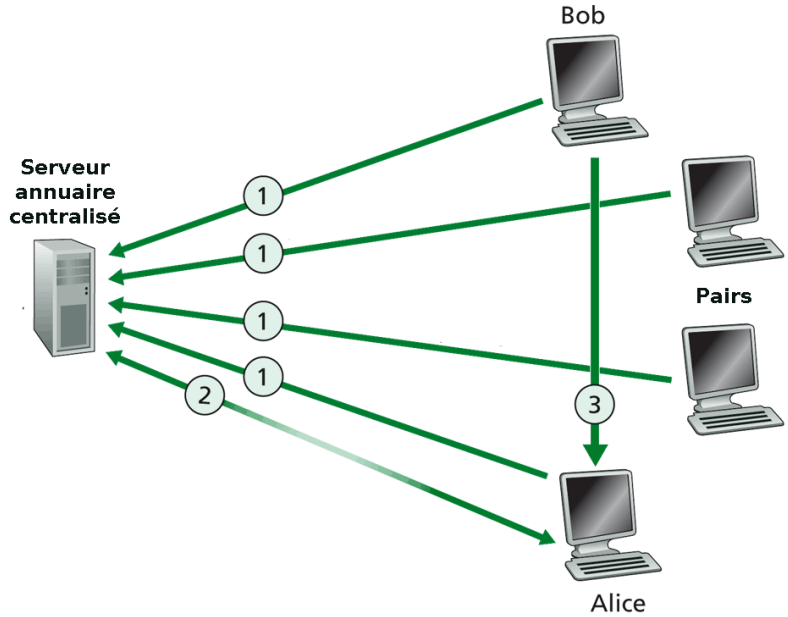
Exemple

- Alice a une connexion intermittente → adresse IP dynamique
- Alice exécute son client P2P sur son portable
- Cherche *Hey Jude*
- L'application indique les pairs connectés ayant une copie
- Alice en choisit un → Bob
- Copie du fichier de l'hôte de Bob vers le portable d'Alice
- Si Bob se déconnecte, le client P2P d'Alice peut essayer de récupérer le reste du fichier depuis d'autres pairs
- D'autres utilisateurs peuvent charger les fichiers d'Alice
- Le pair d'Alice est à la fois client et un serveur temporaire

Tous les pairs sont serveurs → hautement extensible

P2P avec un annuaire centralisé

- Conception originale de Napster
  1. À la connexion un pair envoie au serveur central, deux infos :
     - Son adresse IP
     - Son contenu
  2. Alice demande *Hey Jude*
  3. Alice demande le fichier à Bob



Problème de l'annuaire centralisé

- Point de défaillance et goulot d'étranglement
- Violation des droits d'auteur → fermeture possible
- Fermeture plus difficile si complètement décentralisé

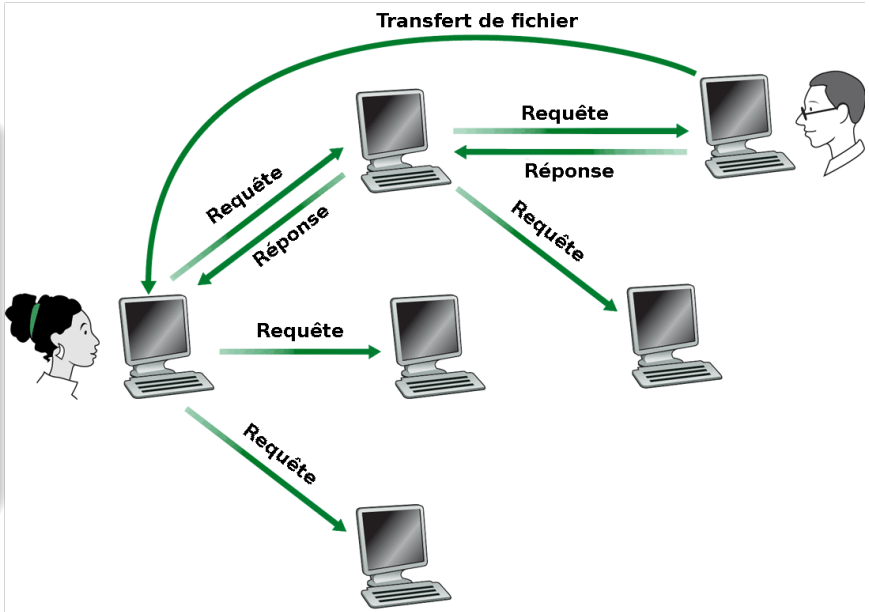
Transfert décentralisé, mais recherche fortement centralisée

P2P (vrai) sans serveur central - Principe

Gnutella → inondation de requêtes → faiblement extensible

- Totalement décentralisé → pas de serveur
- Protocole du domaine public
- Nombreux clients Gnutella implémentant le protocole
- Création d'un réseau de couverture reliant les pairs

- Requête envoyée sur des connexions existantes
- Propagation par les pairs
- Réponse renvoyée via le chemin inverse



P2P (vrai) sans serveur central - Connexion des pairs ?

1. Un nouveau pair X doit trouver un autre pair Gnutella

   Inondation (ou broadcast) impossible sur Internet
   $\rightarrow$ liste de pairs candidats, fixes et actifs

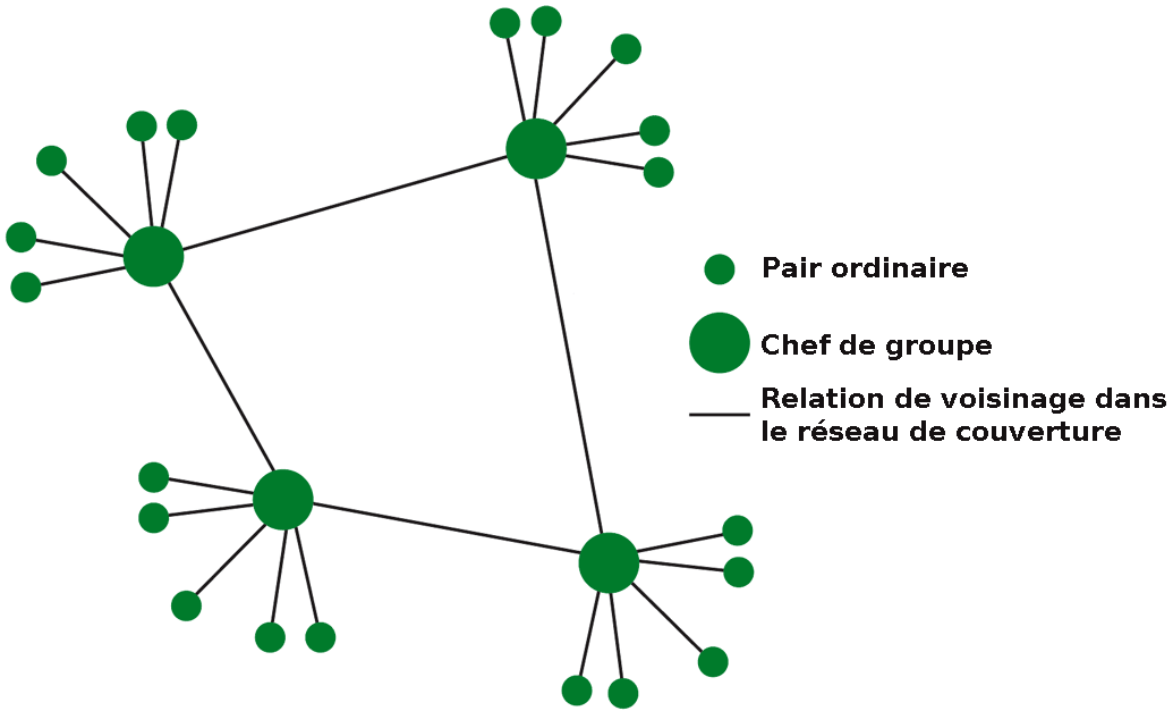
2. X essaie chacun des pairs de la liste, jusqu'à établir une connexion TCP avec un pair Y
3. X envoie un message `ping` à Y qui le propage
4. Tous les pairs recevant `ping` répondent avec un `pong`
5. X reçoit les messages `pong` $\rightarrow$ établissement de nouvelles connexions TCP

Un pair a généralement moins de 10 voisins

P2P hybride - Principe

Kazaa

- Un pair est soit chef de groupe, soit rattaché à un chef de groupe
  - Connexion TCP entre un pair et son chef de groupe
  - Connexion TCP entre quelques paires de chefs
- Un chef de groupe suit le contenu de tous les pairs enfants



P2P hybride - Requêtes

Kazaa

- Un fichier $\leftrightarrow$ une clé et un descripteur
- Le client envoie une requête de mots clés à son chef de groupe
- Le chef retourne des réponses contenant pour chacune
  - une clé, des méta-données, une adresse IP
- Les requêtes / réponses peuvent être propagées entre chefs
- Le client choisit les fichiers à télécharger

Spécificités de Kazaa

- File d'attente des requêtes
- Priorités incitatives $\rightarrow$ plus on partage, plus on est prioritaire
- Téléchargements en parallèle

Domain Name System

- Identification des hôtes et routeurs connectés à Internet
  - Adresse ***I**nternet **P**rotocol* v4 (32 bits) = 193.52.61.135
  - Adresse IPv6 (128 bits) = fe80::213:77ff:fe26:4bcd
- Identification des hôtes par un être humain
  - Nom symbolique = slayer.iut-bm.univ-fcomte.fr

Comment obtenir pour un hôte
la correspondance entre adresse IP et nom ?

Translation assurée par le ***D**omain **N**ame **S**ystem*
(ou **système de noms de domaine**)

- Base de données distribuée stockant les correspondances
  - Hiérarchie de **serveurs de noms** ;
  - dénommés également **serveurs DNS**
- Protocole de niveau Application

Domain Name System

Translation assurée par le ***Domain Name System***
(ou **système de noms de domaine**)

- Base de données distribuée stockant les correspondances
  - Hiérarchie de **serveurs de noms** ;
  - dénommés également **serveurs DNS**
- Protocole de niveau Application

Inconvénients d'un système centralisé ?

- Intolérant aux pannes → Plus d'Internet si arrêt du DNS
- Goulot d'étranglement → Volume de trafic
- Délais → Importants si on est "loin"
- Mise à jour → Combien de fois ? Qui ? Taille des données

Un système centralisé n'est pas adapté vu le nombre d'hôtes, etc.

Résolution et résolution inverse avec DNS

Résolution directe ou **résolution de nom de domaine**

- Translation nom symbolique → adresse IP
  - Requête → Quelle est l'adresse IP de www.univ-fcomte.fr ?
  - Réponse → L'adresse IP est 194.57.91.224
- En principe un hôte
  - peut avoir plusieurs alias (surnoms) ;
  - un seul nom dit canonique (ufc224.univ-fcomte.fr)

Résolution inverse ou **résolution d'adresse**

- Translation adresse IP → nom symbolique
  - Requête → Quel est le nom symbolique de 193.52.61.135 ?
  - Réponse → Le nom symbolique est slayer.iut-bm.univ-fcomte.fr
- Serveur Web répliqué
  - Plusieurs adresses IP pour un même nom
  - À chaque requête une adresse différente est renvoyée

Comment est construit un nom symbolique ?

- Un **nom de machine** → `slayer`
- Un **nom de domaine** → `iut-bm.univ-fcomte.fr`

Nom de domaine

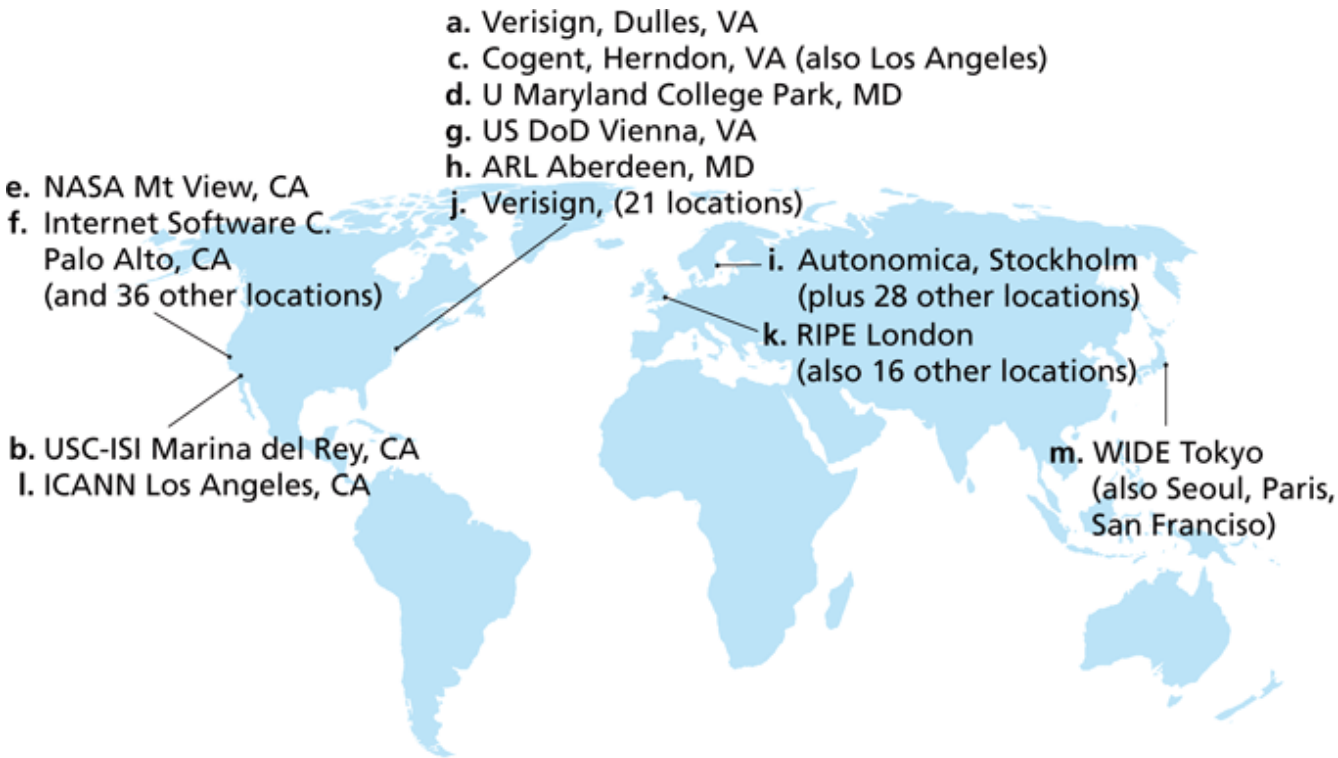
- Décomposé en une suite hiérarchique de domaines
  - domaine de niveau 1 → `fr`
  - domaine de niveau 2 → `univ-fcomte.fr`
  - sous-domaine → `iut-bm`
- Habituellement on appelle
  - domaine de niveau 1 → domaine générique
    - Classification par activité `com`, `net`, `edu`, etc.
    - Classification par pays → `fr`, `de`, `uk`, etc.
  - domaine de niveau 2 → domaine
- Un domaine = des hôtes partageant une caractéristique
  - Localisation géographique ; une institution (Université, etc.)
  - etc.

Une base de données distribuée et hiérarchique

1. **Serveurs de noms locaux** (primaire et secondaire)
   - Installés par les FAI
   - Un hôte doit connaître au minimum l'adresse d'un serveur local
   - Pas la correspondance
     $\rightarrow$ contacte un serveur racine
2. **Serveurs de noms racine** (niveau global)
   - 13 serveurs dans le monde (a.root-servers.net à m.root-servers.net)
   - Pas la correspondance
     $\rightarrow$ contacte un serveur d'autorité, via un serveur TLD
3. **Serveurs *Top Level Domain*** (niveau 1)
   - Répertorient les serveurs d'autorité dans un domaine
   - Exemple : `fr`
4. **Serveurs d'autorité** (niveau 2)
   - Répertorient les correspondances liées à leur sous-domaine
   - Exemple : `univ-fcomte.fr`

Serveurs de noms racine

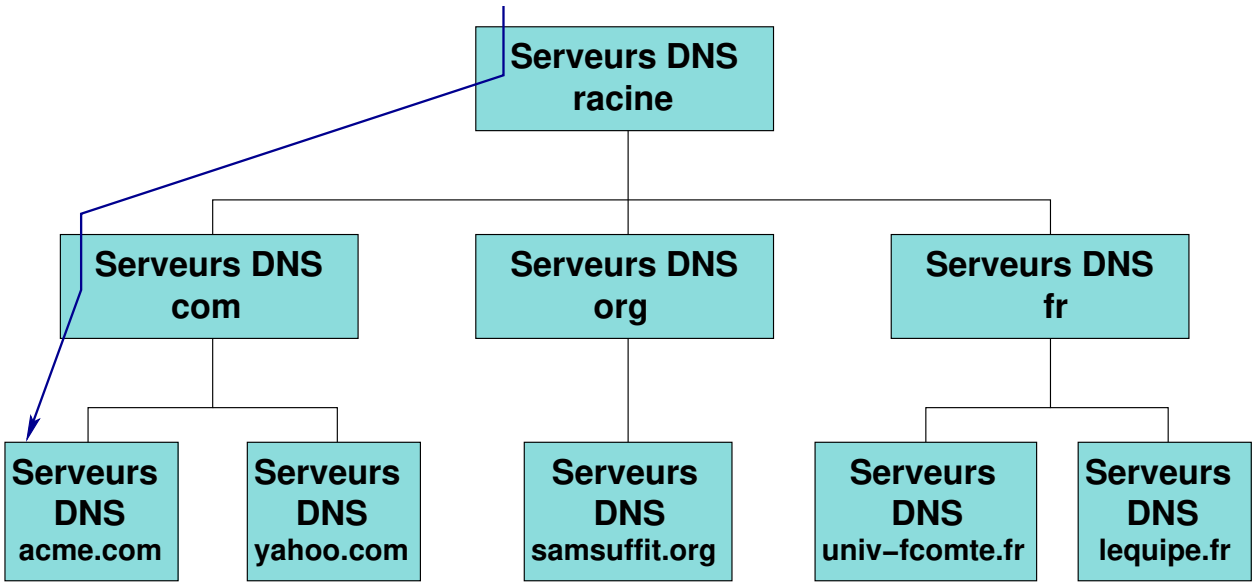
Répondent aux requêtes concernant
les noms de domaines de niveau 1



Parcours de la hiérarchie de serveurs

Résolution de `cartoon.acme.com` (inconnu du serveur local)

1. Je demande à un serveur racine de trouver le serveur DNS `com`
2. Je demande au serveur DNS `com` de trouver le serveur DNS `acme`
3. Je demande au serveur DNS `acme.com` l'adresse IP de `cartoon`



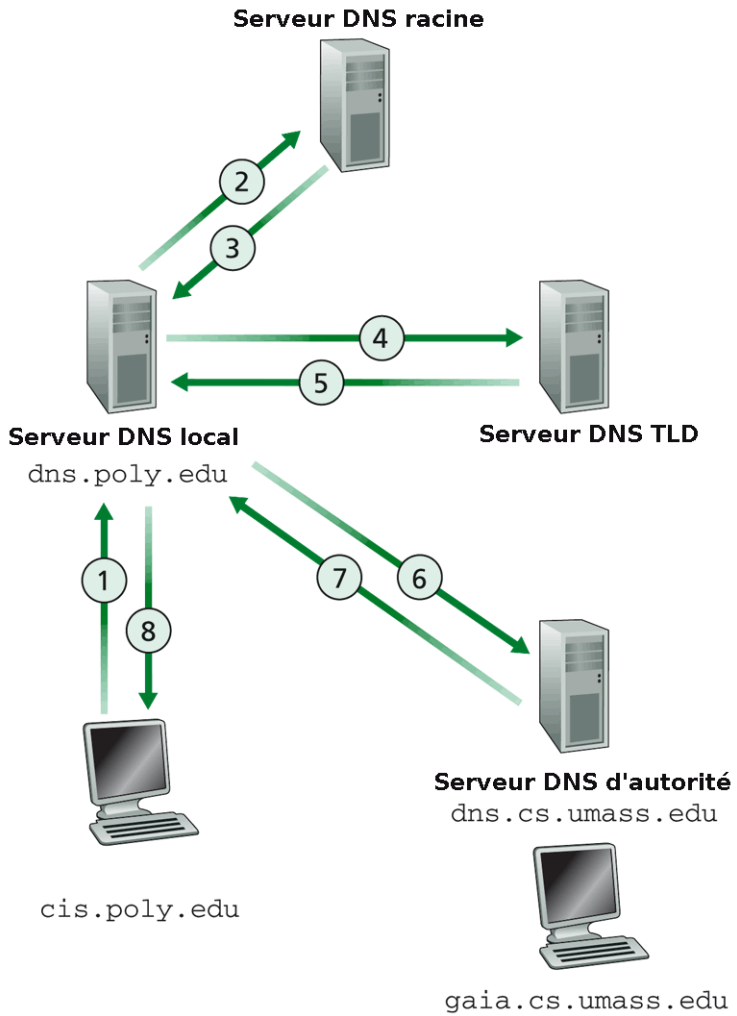
Un serveur de nom local n'appartient pas vraiment à la hiérarchie

Résolution de nom (détails) - Requêtes itératives

Serveur local contactant les serveurs successivement

Résolution de `gaia.cs.umass.edu`

1. L'hôte envoie le nom au **serveur local**
2. Contact du **serveur racine**
3. Retour = liste de serveurs TLD pour le domaine générique `edu`
4. Contact d'**un serveur TLD**
5. Retour = serveur d'autorité du domaine `umass.edu`
6. Contact du **serveur d'autorité**
7. Retour = adresse IP de `gaia`
8. Transmission de l'adresse IP à l'hôte



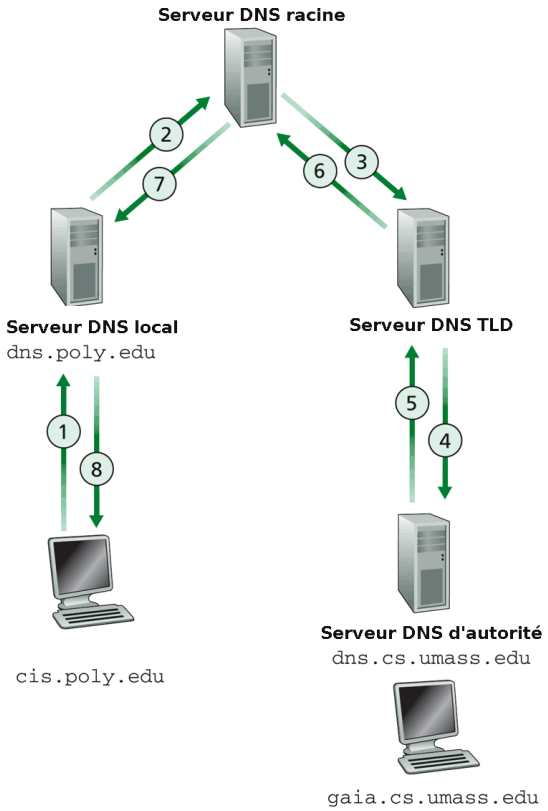
Résolution de nom (détails) - Requêtes récursives ; Mixage

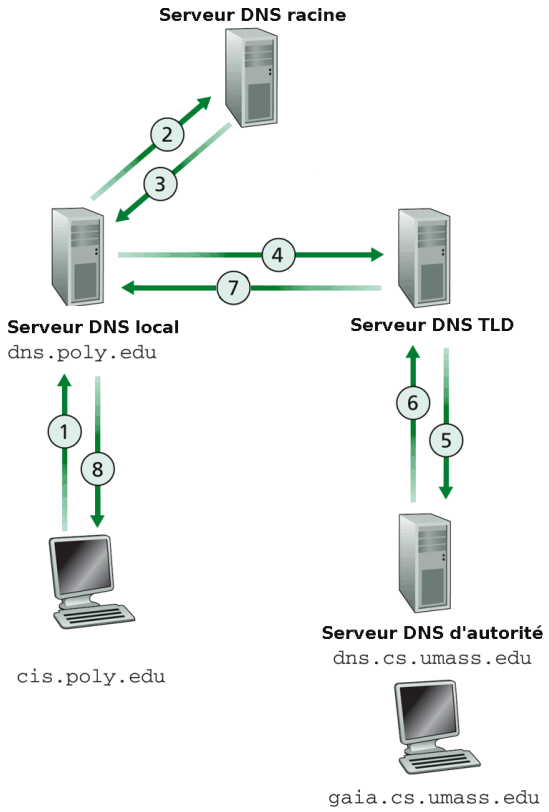
Requête récursive

- Un serveur contact le suivant
- qui répond au demandeur

Mixage

- Serveur racine → itératif
- Autres → récursif





Mise en cache, mise à jour et enregistrement d'un domaine

- Mise en cache
  - Mémorisation pour une certaine durée de chaque correspondance apprise par un serveur
  - Serveurs TLD cachés sur les serveurs locaux
    - Peu de visites des serveurs racines
- Mise à jour en 24 à 48 heures
- Enregistrement d'un domaine disponible

  Via un bureau d'enregistrement $\rightarrow$ Officier d'état civil
  - Informations à fournir
    - Noms et adresses IP des serveurs d'autorité (primaire, second.)
    - Nom et adresse IP du site Web associé
    - Nom et adresse IP du serveur de messagerie associé
  - Informations insérées dans les serveurs TLD par le bureau