Chapitre 7: Introduction aux réseaux

INF1070

Utilisation et administration des systèmes informatiques

Jean Privat & Alexandre Blondin Massé

Université du Québec à Montréal

Hiver 2019

Plan

Réseaux

Exemple d'utilisation

- Afficher une page dans un navigateur
- Se connecter à un serveur avec `ssh`

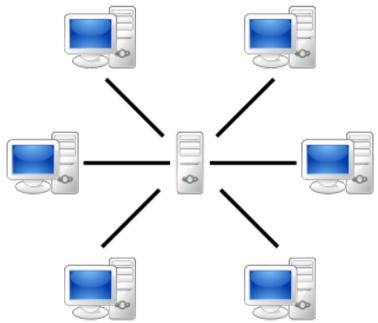
Principe des réseaux informatiques

- Des programmes **communiquent**
- Sur des ordinateurs **différents** (matériel et logiciel)
- Connectés via une **infrastructure**
- Communications régies par des **protocoles** (HTTP, SSH, etc.)

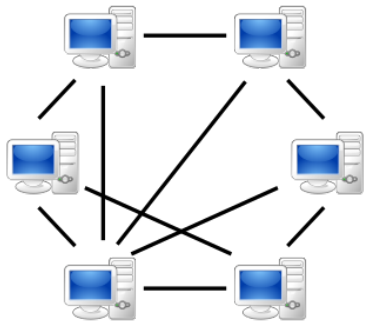
Difficultés du domaine

- Beaucoup d'acronymes
- Concepts imbriqués
- Nombreux détails techniques nécessaires

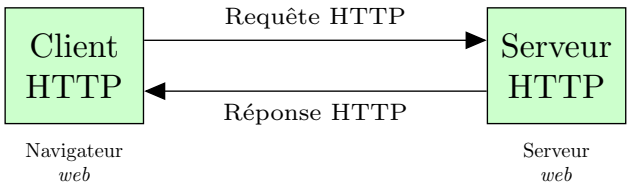
Représentation schématisée



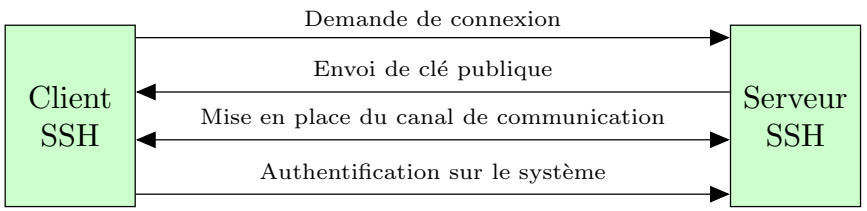
Client-serveur
(source: Wikipedia)



Pair-à-pair
(source: Wikipedia)



Navigateur-Serveur *web*



Client SSH-Serveur SSH

Le *web* et Internet

Le *web* = espace d'information

- Ensemble de ressources (hypertexte, images, sons, ...)
- Identifiées de façon unique (on va y revenir)
- Interconnectées par des hyperliens
- Aussi appelé la *toile*

Internet = réseau de réseaux

- Réseaux de fournisseurs d'accès (ISP, *internet service provider*): Bell, Videotron, RISQ, CANARIE
- Réseaux d'entreprises et d'institutions
- Réseaux locaux personnels
- Réseaux cellulaires

Attention: Internet $\neq$ le *web*

Le *web*

Naviguer sur le *web*

Navigateur

- Logiciel qui simplifie la navigation
- Aussi appelé **fureteur** (ou *browser*)
- Saisit les requêtes des clients
- Communique avec le serveur
- Affiche le contenu demandé

Exemples

- **Graphiques**: Firefox, Chromium, Safari, IE, ...
- **Console**: `lynx`, `elinks`, `w3m`
- **Ligne de commande**: `wget`, `curl`

Localisation des ressources

URL (*uniform resource locator*)

`schéma:[//autorité]chemin[?requête][#fragment]`

- **`schéma`**: `http`, `https`, `ftp`, `mailto`, `file`, etc.
- `autorité`: de la forme `[utilisateur@]`**`hôte`**`[:port]`
- **`chemin`**: chemin vers la ressource
- `requête`: suite de paires attribut-valeur (souvent)
- `fragment`: identifie une partie spécifique de la ressource

Exemples

- `http://www.wikipedia.org/`
- `https://alice@abc.com:99/forum/?tag=bash&order=newest#top`

Télécharger des ressources

- `wget` (GNU)
- `curl` (Extra)

```
$ wget "https://fr.wikipedia.org/wiki/Shell_Unix"
$ curl "https://fr.wikipedia.org/wiki/Shell_Unix"
```

Wget ou cURL?

cURL

- Plus portable
- Basé sur une bibliothèque `libcurl`
- Supporte plus de protocoles
- Licence MIT

Wget

- Souvent déjà installé
- Commande autonome
- Récursif (miroir)
- Licence GPL

Options de cURL

```
$ curl url
```

Beaucoup d'options

- `-o, --output` sauvegarde dans le fichier spécifié
- `-O, --remote-name` sauvegarde dans le nom de fichier de l'URL
- `-L, --location` suit la redirection vers une autre page
- `-C, --continue-at` reprend un téléchargement interrompu
- `-I, --head` télécharge seulement l'en-tête
- `-z, --time-cond` télécharge si modifié depuis une certaine date
- `-v, --verbose` mode verbeux
- `-s, --silent` mode silencieux
- `-x, --proxy` utilise un proxy
- `--limit-rate vitesse` limite la vitesse (en secondes)
- `--trace` affiche une trace (déboguer)

Exemple

Vérifier le type de ressource:

```
$ curl -s https://www.linux.org/styles/uix/uix/logo.png |
> grep '^content-type'
content-type: image/png
```

Télécharger et sauvegarder sous `logo.png`:

```
$ curl -sO https://www.linux.org/styles/uix/uix/logo.png
$ display logo.png
```

Internet

À qui appartient Internet?

Gouvernance

- Pas d'autorité centrale
- Réseau distribué
- Basé sur la coopération
- Who runs the Internet?

Trois joueurs majeurs

- ICANN (*Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*)

→ Regroupe les acteurs techniques, gère les adresses IP, noms de domaine, numéros de port, ...

- ISOC (*Internet Society*)

→ Regroupe les utilisateurs généraux, garantit un développement ouvert, tenant compte des utilisateurs.

- IGF (*Internet Governance Forum*)

→ Créé par les Nations unies, impact politique.

Géré à l'aide de protocoles

Protocole

- Codifie la communication entre membres d'un réseau
- Définit les format et l'ordre des messages envoyés
- Définit les actions à faire lors de la réception de messages

Règles

- Requêtes déraisonnables ou malicieuses
- Problèmes de sécurité

Quiz de protocoles

- HTTP:

Quiz de protocoles

- HTTP: *Hypertext Transfer Protocol*, le protocole du web
- SSH:

Quiz de protocoles

- HTTP: *Hypertext Transfer Protocol*, le protocole du web
- SSH: *Secure Shell*, connexion sécurisée (chiffrée)
- IP:

Quiz de protocoles

- HTTP: *Hypertext Transfer Protocol*, le protocole du web
- SSH: *Secure Shell*, connexion sécurisée (chiffrée)
- IP: *Internet Protocol*, protocole principal d'internet
- SMTP:

Quiz de protocoles

- HTTP: *Hypertext Transfer Protocol*, le protocole du web
- SSH: *Secure Shell*, connexion sécurisée (chiffrée)
- IP: *Internet Protocol*, protocole principal d'internet
- SMTP: *Simple Mail Transfer Protocol* transfert de courriels
- DHCP:

Quiz de protocoles

- HTTP: *Hypertext Transfer Protocol*, le protocole du web
- SSH: *Secure Shell*, connexion sécurisée (chiffrée)
- IP: *Internet Protocol*, protocole principal d'internet
- SMTP: *Simple Mail Transfer Protocol* transfert de courriels
- DHCP: *Dynamic Host Configuration Protocol*, configuration automatique des paramètres internet d'une machine
- Ethernet: Commutation de paquets dans réseau local
- UDP:

Quiz de protocoles

- HTTP: *Hypertext Transfer Protocol*, le protocole du web
- SSH: *Secure Shell*, connexion sécurisée (chiffrée)
- IP: *Internet Protocol*, protocole principal d'internet
- SMTP: *Simple Mail Transfer Protocol* transfert de courriels
- DHCP: *Dynamic Host Configuration Protocol*, configuration automatique des paramètres internet d'une machine
- Ethernet: Commutation de paquets dans réseau local
- UDP: *User Datagram Protocol*, un autre protocole d'internet
- TCP:

Quiz de protocoles

- HTTP: *Hypertext Transfer Protocol*, le protocole du web
- SSH: *Secure Shell*, connexion sécurisée (chiffrée)
- IP: *Internet Protocol*, protocole principal d'internet
- SMTP: *Simple Mail Transfer Protocol* transfert de courriels
- DHCP: *Dynamic Host Configuration Protocol*, configuration automatique des paramètres internet d'une machine
- Ethernet: Commutation de paquets dans réseau local
- UDP: *User Datagram Protocol*, un autre protocole d'internet
- TCP: *Transmission Control Protocol*, un autre protocole d'internet

« **TCP/IP** » désigne abusivement les protocoles d'internet en général

Modèle en couches

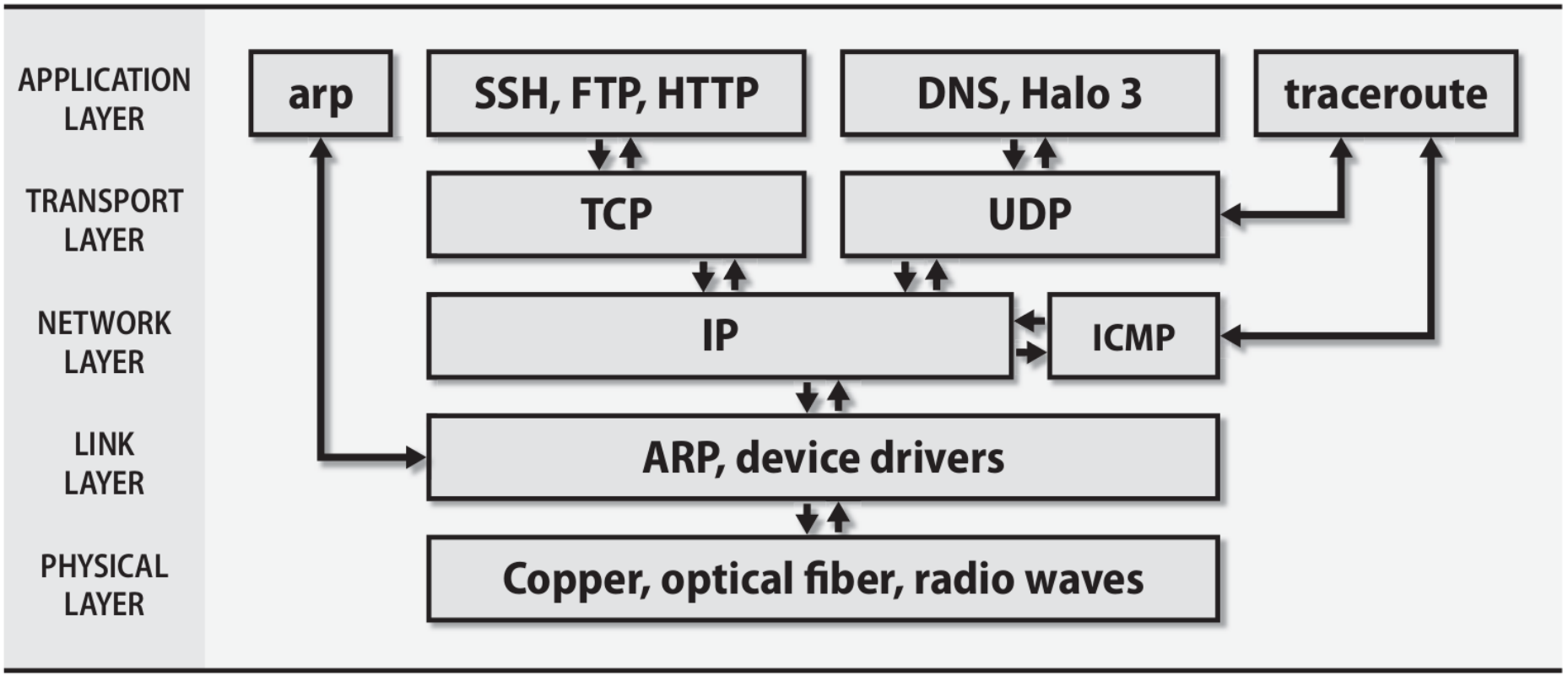


Figure 1: Tiré de Unix and Linux System Administration Handbook

Plus de détails dans INF3271 Téléinformatique

Couche physique et liaison

Transmission effective des signaux entre des machines adjacentes sur un même réseau

- Normes IEEE 802
- Ethernet (normes IEEE 802.3)
- Wi-Fi (normes IEEE 802.11)

Adresse MAC (*Media Access Control*)

- Appelée aussi **adresse physique**
- Associée à une **interface réseau**
- Ethernet: 48 bits, 6 groupes hexadécimaux. `5e:ff:56:a2:af:15`
- Les 3 premiers octets désignent le fabriquant (OUI, *Organizationally Unique Identifier*)

```
$ ip -brief link show
wlp108s0  6a:10:d8:8e:f0:34
eth0      64:4b:f0:01:9a:ad
```

Couche réseau

IP = Internet Protocol

Objectifs

- Livrer des paquets de données
- Sur Internet à travers les différents sous-réseaux
- Vers un hôte destination
- Seulement en se fiant à **son adresse IP**

Adresse IP

- Attribuée aux **interfaces réseaux** d'une machine connectée à Internet.
- Même idée qu'une adresse postale

La commande ping

- `ping` — vérifie la disponibilité d'un hôte
- Utilise le protocole ICMP
- Envoie une requête `ECHO_REQUEST` et attend une réponse `ECHO_RESPONSE`
- Utile pour vérifier la connexion
- Certaines machines ou routeurs bloquent les pings

```
$ ping wikipedia.org
PING wikipedia.org (208.80.154.224) 56(84) bytes of data.
64 bytes from text-lb.eqiad.wikimedia.org (208.80.154.224):
64 bytes from text-lb.eqiad.wikimedia.org (208.80.154.224):
[...]
```

Adresse IP

IPv4 (1981)

- Codée sur **32 bits**
- Représentée par 4 chiffres de 0 à 255
- Exemple: `132.208.246.6`
- Problème: pas assez d'adresses ($\approx$ 4G)
- Solution actuelle: traduction d'adresse (NAT = *network address translation*)

IPv6 (1998)

- Codée sur **128 bits**
- Représentée par 8 groupes de 4 hexadécimaux
- Exemple: `2001:0db8:0000:85a3:0000:0000:ac1f:8001`
- Résoud différents problèmes (dont l'épuisement des adresses)
- Supporté dans la plupart des cas, mais complexe à intégrer

Adresses IP spéciales

Hôte local (*localhost*)

Désigne la machine courante
Pas besoin d'interface réseau

- Nom de domaine: `localhost`
- IPv4: `127.0.0.1` (en fait `127.0.0.0/8`, c'est-à-dire `127.*.*.*`)
- IPv6: `::1` (c'est-à-dire `0:0:0:0:0:0:0:1`)

Réseau privé

Ces adresses ne peuvent être routées
On les utilise pour des réseaux locaux (LAN, *local area networks*)

- `10.0.0.0/8`, c'est-à-dire `10.*.*.*`
- `172.16.0.0/12`, c'est-à-dire de `172.16.*.*` à `172.31.*.*`
- `192.168.0.0/16`, c'est-à-dire `192.168.*.*`

Adresse IP d'une interface réseau

`ip` — information sur les interfaces réseau (extra)
(ou `ifconfig` déprécié)

```
$ ip -brief addr show
lo       UNKNOWN 127.0.0.1/8 ::1/128
enp0s25  DOWN
wlp4s0   UP      192.168.1.128/24 fe80::3479:c2c9:cde3:d789/
```

- `lo` (*loopback device*): interface virtuelle vers elle-même
- `enp0s25`: interface physique (`DOWN` = désactivée)
- `wlp4s0`: interface sans-fil (`UP` = activée)
- Adresse IPv4: `192.168.1.128`
- Adresse IPv6: `fe80::3479:c2c9:cde3:d789`

Système de noms de domaines

- DNS = Domain Name System
- Établir le lien entre **nom** et une **adresse IP** (et inversement)
- Objectif: rendre les URL plus lisibles
- Exemples: `ageei-uqam.slack.com` et `info.uqam.ca`

`host` — conversion entre nom de domaine et adresse IP (extra)

```
$ host uqam.ca
uqam.ca has address 132.208.246.6
$ host labunix.uqam.ca
labunix.uqam.ca has address 132.208.132.48
$ host java.labunix.uqam.ca
java.labunix.uqam.ca has address 132.208.132.52
```

Autre outil pour utiliser DNS: `dig` (extra)

Hiérarchie des noms de domaine

- **Fédération** de registres gérée par l'IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*)
- Maintient des registres par organisations (Verisign, CIRA, etc.)
- Données réparties dans une **hiérarchie de serveurs** DNS

TLD = *Top level domain*

- Noms au premier niveau
- Exemples: `ca`, `com`, `org`, `edu`, `gov`, etc.

Exemple (info.uqam.ca)

- root: géré par l'IANA
- `ca`: géré par la CIRA (*Canadian Internet Registration Authority*)
- `uqam`: géré par l'UQAM
- `info`: géré par le département d'informatique

DHCP = *Dynamic Host Configuration Protocol*

- Beaucoup d'utilisateurs se connectent à un même réseau
- Pas tout le monde sait configurer une adresse IP manuellement
- Le nombre d'adresses IP disponibles est limité
- Les clients ne sont pas toujours tous connectés

Solution

- Attribuer un adresse IP de façon dynamique
- Configurer automatiquement le masque réseau, la passerelle et le serveur de noms

Qui l'utilise?

- Le fournisseur d'accès (*ISP = Internet service provider*)
- L'organisation ou l'entreprise (exemple, l'UQAM)
- Votre routeur à la maison

Suivre des paquets

`traceroute`: affiche le chemin suivi par des paquets jusqu'à un hôte

```
$ traceroute google.com
traceroute to google.com (172.217.13.142), 30 hops max,
    60 byte packets
[...]
12 yul02s05-in-f14.1e100.net (172.217.13.142) 4.248 ms
    4.284 ms 3.899 ms
```

Certaines machines ou routeurs bloquent traceroute (*timeout*)

Algorithme de traceroute

Stratégie de sondage

- Sonde par essai et erreur
- Jusqu'à destination
- Ou jusqu'à ce que le nombre max de sauts soit atteint
- Le comportement est configurable

Options de `traceroute`

- `-m, --max-hops` le nombre maximum de sauts
- `-p, --port` spécifie le port
- `-I, --icmp` sonde avec ICMP ECHO
- `-T, --tcp` sonde avec TCP SYN
- `-U, --udp` sonde avec UDP

Exemple

```
$ sudo traceroute -T wikipedia.org
traceroute to wikipedia.org (208.80.154.224), 30 hops max,
    60 byte packets
 1   _gateway (132.208.137.1) 0.232 ms 0.207 ms 0.365 ms
 2   132.208.2.81 (132.208.2.81) 0.439 ms 0.496 ms 0.531 ms
 3   132.208.2.126 (132.208.2.126) 0.523 ms 0.565 ms *
[...]
15   wikimedia-ic-308845-ash-b1.c.telia.net
    (80.239.132.226) 23.335 ms 26.381 ms 26.414 ms
16   text-lb.eqiad.wikimedia.org (208.80.154.224)
    26.066 ms 25.745 ms 25.839 ms
```

Couche transport

Les protocoles TCP et UDP

TCP = *Transmission control protocol*

- Transmission avec connexion (*handshaking*)
- Flots d'octets (*stream*)
- Fiable contre: perte de paquets, duplication de données, mauvais ordonnancement, congestion, *timeout*
- Quitte à ce que ce soit plus lent

UDP = *User datagram protocol*

- Transmission sans connexion (unidirectionnelle)
- Paquets de données (*datagram*)
- Moins fiable (pas les garanties de TCP)
- Plus rapide
- Utilisé pour du temps réel
- Ou dans les réseaux qu'on sait fiables

Ports

- Point de communication
- Associé à un **processus** sur une machine
- Identifié par un **numéro**
- Utilisé en particulier par TCP et UDP

Ports connus (*well-known ports*), ou **ports du système**

- De 1 à 1023, liste maintenue par IANA

→ Sous Unix, nécessite les droits root pour être utilisés

Ports enregistrés

- De 1024 à 49151, liste maintenue par IANA

Ports éphémères, ou **ports dynamiques**

- De 49152 à 65535
- Souvent attribués par le système pour les clients

Quiz sur les numéros de port

- 80 sur TCP:

Quiz sur les numéros de port

- 80 sur TCP: HTTP
- 22 sur TCP:

Quiz sur les numéros de port

- 80 sur TCP: HTTP
- 22 sur TCP: SSH
- 443 sur TCP:

Quiz sur les numéros de port

- 80 sur TCP: HTTP
- 22 sur TCP: SSH
- 443 sur TCP: HTTP sur TLS (HTTPS)
- 25 sur TCP:

Quiz sur les numéros de port

- 80 sur TCP: HTTP
- 22 sur TCP: SSH
- 443 sur TCP: HTTP sur TLS (HTTPS)
- 25 sur TCP: SMTP
- 53 sur TCP et UDP:

Quiz sur les numéros de port

- 80 sur TCP: HTTP
- 22 sur TCP: SSH
- 443 sur TCP: HTTP sur TLS (HTTPS)
- 25 sur TCP: SMTP
- 53 sur TCP et UDP: DNS
- 67 et 68 sur UDP:

Quiz sur les numéros de port

- 80 sur TCP: HTTP
- 22 sur TCP: SSH
- 443 sur TCP: HTTP sur TLS (HTTPS)
- 25 sur TCP: SMTP
- 53 sur TCP et UDP: DNS
- 67 et 68 sur UDP: DHCP

Noms de services

Dans de nombreux outils, un nom du service facile à mémoriser peut être utilisé à la place du numéros du port

`/etc/services` fait la correspondance entre des noms et numéros

Sockets (prises)

C'est quoi?

- *Socket* = « interface de connexion » ou « prise réseau »
- Point d'entrée/sortie de processus avec le réseau
- Abstraction utilisée par les programmes
- C'est rare de les manipuler directement

Composante d'une *socket* internet TCP ou UDP

- Une adresse IP
- Un numéro de port
- Un protocole de transport (TCP, UDP)

D'autres sockets ?

- Protocoles réseaux plus rares
- Mécanisme de communication inter-processus (sans réseau)

Information sur les *sockets*

`ss` — affiche des informations sur les *sockets* (extra)
(ou `netstat` déprécié)

- `-a` affiche toutes les *sockets*
- `-l` affiche seulement les *sockets* en mode « écoute » (`LISTEN`)
- `-m` affiche l'utilisation mémoire des *sockets*
- `-t` affiche les *sockets* TCP
- `-u` affiche les *sockets* UDP

```
$ ss -ta
State Local Address:Port     Peer Address:Port
LISTEN        0.0.0.0:ssh          0.0.0.0:*
LISTEN      127.0.0.1:ipp          0.0.0.0:*
ESTAB  192.168.1.128:56434 173.194.66.188:https
ESTAB  192.168.1.128:46174 151.101.193.69:https
[...]
ESTAB  192.168.1.128:40676 172.217.13.134:https
```

La commande netcat

`nc` — crée une socket (extra)

- `-l` pour se mettre en mode « écoute »

```
$ nc [options] hôte port
```

Exemple:

```
# Terminal 1
# Crée une socket qui écoute sur le port 3333
$ nc -l 3333 | lolcat

# Terminal 2
# Adresse IP est 192.168.1.128
# Transmet du texte via une socket
$ ls | nc 192.168.1.128 3333
```

Couche application

Applications réseau

Client-serveur

- Modèle de communication entre applications
- On distingue deux types d'applications

$\rightarrow$ Client = fait une requête

$\rightarrow$ Serveur = répond à une requête

Serveur, service et démon (*daemon*)

En général / souvent

- Application qui attend et répond à un événement
- Répond à des requêtes réseau et/ou locales
- Pas invoqué explicitement, ne dépend pas d'un terminal
- Démarré automatiquement par `init` ou `systemd`
- Isolé dans des utilisateurs dédiés (dit *système*)
- Nom terminé par `d` (pour *daemon*)

Exemples

- `init` ou `systemd`: premier processus du système
- `crond`: planifie des tâches
- `dhcpd`: configure TCP/IP automatique des clients
- `httpd`: sert les ressources HTTP
- `sshd`: accepte les connexions SSH entrantes
- `lpd` ou `cups`: gère les impressions
- `gdm`: gestionnaire de connexion graphique (*Gnome display manager*)
- `mpd`: démon pour jouer de la musique

Démarrage du système

Au démarrage, plusieurs services sont lancés par `init` (pid=1)
Plusieurs gestionnaires de services existent:

init Système V (1983)

- Les services sont gérés par les scripts dans `/etc/init.d`
- Doivent supporter minimalement les commandes `start` et `stop`
- Exemple: `/etc/init.d/ssh` pour le démon ssh

Systemd (2010)

- Sur la majorité des distributions Linux modernes
- Centralise la gestion de nombreux comportements
- Les services sont gérés via des fichiers de configuration
- Exemple: `/lib/systemd/system/ssh.service`
- Un peu rétro-compatible avec init système V

Gestion des services

- `service` exécute une commande d'un service système V (extra)
- `systemctl` gère les services Systemd (extra)

```
# Liste les services
$ sudo service --status-all
$ systemctl status list-units
# État d'un service
$ sudo service sshd status
$ systemctl status sshd.service
```

Autres actions possibles sur les services

- `status` — informations sur l'état du service
- `start` — démarrer le service
- `stop` — arrêter le service
- `reload` — mettre à jour l'état du service et recharger la configuration
- `restart` — redémarrer le service

Cas pratique: Apache et Nginx

Apache

- Logiciel serveur HTTP
- Le plus utilisé à ce jour (45%, décembre 2018)
- Site officiel: `https://httpd.apache.org/`
- License Apache 2.0

Nginx

- Une alternative à Apache
- 2e plus utilisé à ce jour, en pleine croissance (40%)
- Site officiel: `https://nginx.org/`
- License BSD

Installation d'Apache

Debian et ses dérivées (Ubuntu, Mint, etc.)

```
$ sudo apt update
$ sudo apt install apache2
```

Vérifier son état

```
$ sudo service apache2 status
$ systemctl status apache2.service
```

Voir processus et sockets

```
$ ps -ef | grep apache
$ sudo ss -tlp '( sport = :80 )'
```

Configuration d'Apache

Configuration du démon

```
$ ls /etc/apache2
apache2.conf        # Configuration globale
ports.conf          # Ports sur lesquels écouter
sites-available/    # Hôtes virtuels disponibles
sites-enabled/      # Hôtes virtuels activés
mods-available/     # Modules disponibles
mods-enabled/       # Modules activés
```

Configuration du service

- `/etc/init.d/apache2` script shell pour Système V
- `/lib/systemd/system/apache2.service` config pour Systemd

Contenu web de l'hôte virtuel

```
$ cd /etc/apache2/sites-available
$ sudo vim 000-default.conf
```

Contenu par défaut

```
<VirtualHost *:80>
    ServerAdmin webmaster@localhost
    DocumentRoot /var/www/html
    ErrorLog ${APACHE_LOG_DIR}/error.log
    CustomLog ${APACHE_LOG_DIR}/access.log combined
</VirtualHost>
```

Contenu *web*

Dans le répertoire `/var/www/html`

Recharger la configuration

```
$ sudo service apache2 reload
```

Accéder au serveur

Ouvrir un navigateur à l'adresse `http://localhost`.

Journaux (*log*)

```
$ ls /var/log/apache2
access.log          # Enregistrement des requêtes
error.log           # Enregistrement des erreurs
$ tail -f /var/log/apache2/*.log
```

- `-f`, `--follow` affiche les données en continu

Communication sécurisée

Sécurité de l'information

Contexte

- Le réseau est un environnement potentiellement **hostile**
- Toute suite d'octets peut être lue, interceptée, trafiquée

$\rightarrow$ Il faut des **objectifs** de sécurité

$\rightarrow$ Et des **moyens** pour les atteindre

Cours connexes

On va survoler des concepts de base

Pour en savoir plus:

- INF4471 Introduction à la sécurité informatique
- INF600C Sécurité des logiciels et exploitation de vulnérabilités

Objectif: critères de sensibilité (triade CIA)

Confidentialité (*Confidentiality*)

- L'information n'est pas disponible aux acteurs non autorisés

→ Un adversaire ne peut lire ou comprendre l'information

Intégrité (*Integrity*)

- L'information est exacte et complète

→ Un adversaire ne peut altérer ou injecter de l'information

Disponibilité (*Availability*)

- L'information est effectivement disponible aux acteurs autorisés

→ Un serveur éteint est sécuritaire mais pas très utile

Moyen: contrôle d'accès

Identification

- Assertion de l'identité
- « Je suis John Doe »

Authentification

- Vérification de l'identité d'un acteur identifié
- « Pour preuve, mon PIN est 1234 »

Autorisation

- Détermine l'accès aux ressources d'un acteur authentifié
- « Je veux retirer 500$ du compte 123456789 »

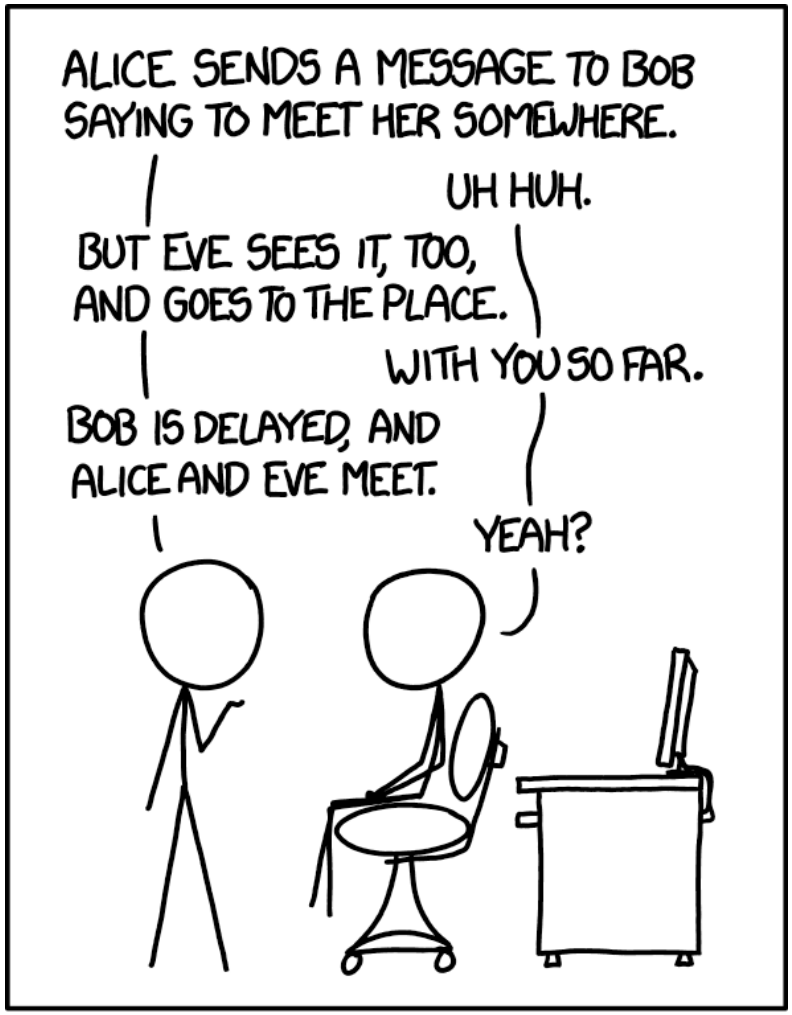
Moyen: Cryptographie

- **Cryptologie**: la science du secret, au croisement de l'informatique et des mathématiques
- **Cryptographie**: science des codes secrets permettant de protéger la confidentialité de messages
- **Cryptanalyse**: science des attaques pour briser ces codes secrets

Un peu de terminologie

- **Chiffrement** (*encryption*)
  Transformation d'un message pour qu'il soit illisible
- **Déchiffrement** (*decryption*)
  Transformation inverse permettant de récupérer le message
- **Clé**
  Information permettant de (dé-)chiffrer un message
- **Chiffre** (*cipher*)
  Algorithme de chiffrement/déchiffrement

Alice, Bob, Ève et compagnie



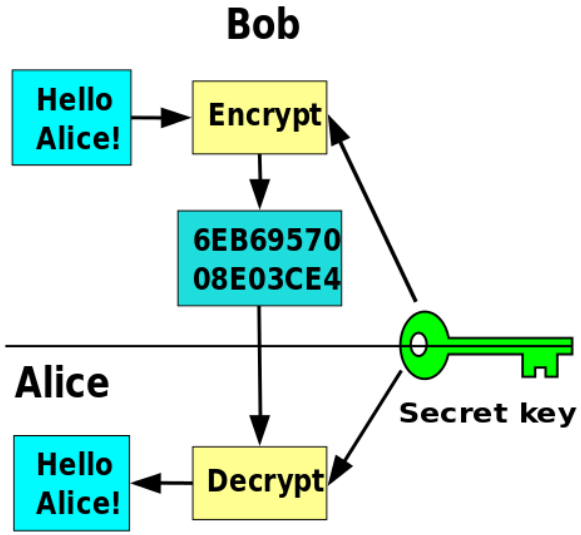
Source: https://xkcd.com/1323/

Chiffrement symétrique

- La même clé est connue de Alice et de Bob
- Elle est utilisée pour chiffrer et déchiffrer

Hypothèses mathématiques

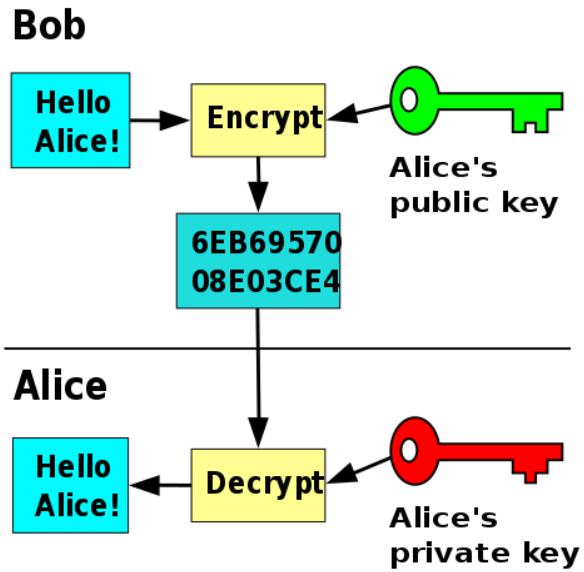
- Facile de chiffrer/déchiffrer si on connaît la clé
- Difficile de chiffrer/déchiffrer sans la clé



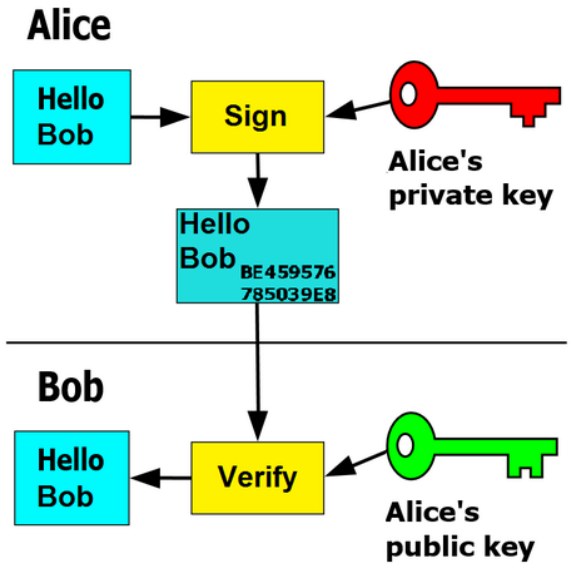
Source: Wikipedia

Chiffrement asymétrique

- Chacun possède une clé **privée** et une clé **publique**
- La clé privée ne doit pas être divulguée
- La clé publique peut être diffusée sans restriction
- Mêmes hypothèses sur la facilité/difficulté de chiffer/déchiffrer
- Peut être utilisé pour des **signatures électroniques**

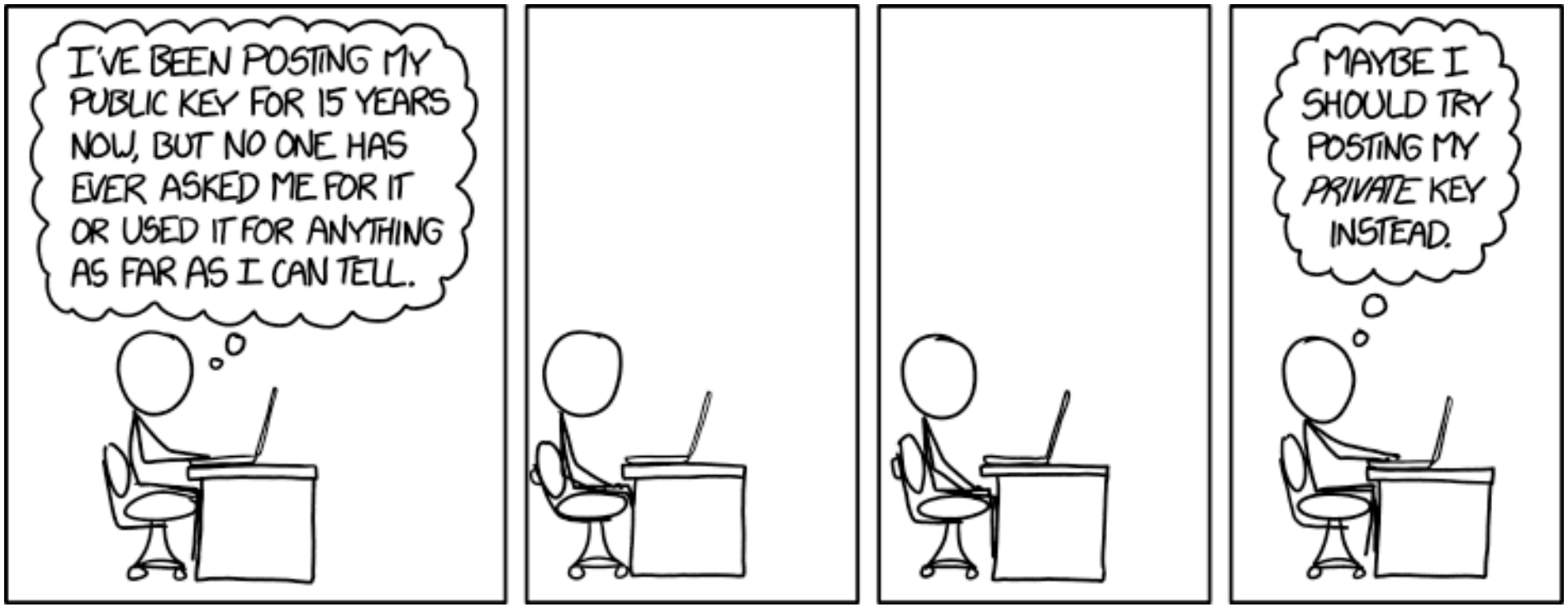


Source: Wikipedia



Source: Wikipedia

Public Key



Source: https://xkcd.com/1553/ (2015)

HTTPS = HTTP sur TLS

- HTTPS = *Hypertext transfer protocol secure*
- TLS = *Transport layer security*
  Anciennement: SSL = *Secure sockets layer*
- Port par défaut: 443
- Indique au navigateur de chiffrer les échanges d'information: URL, requêtes, en-tête, *cookies*, réponses, etc.

Objectifs de TLS

- Confidentialité: les messages sont illisibles par des tiers
- Intégrité: les messages ne peuvent être altérés (*MITM attack*)
- Authentification: l'identité du serveur est vérifiée

Attention La communication n'est pas invisible pour autant
« de 2h à 3h du matin, l'IP 132.208.132.52 a échangé avec le serveur `https://xn--jinf1070-ff7e.xyz/` pour 3Go de données. »

Certificat électronique

- Le certificat permet l'authentification du serveur
- Il est fourni par le serveur lors de la connexion
- Il est vérifié par le client (navigateur)
- Pour plus de détails: voir le cadenas () à côté de l'URL

Autorités de certification

- Délivre les certificats (service commercial)
- Confirme l'identité du propriétaire (audits)
- Fournit une preuve de la validité du certificat (signature)
- Exemples: Let's Encrypt IdenTrust, Comodo, DigiCert, etc.

Chaîne de confiance

- Le certificat du serveur est signé par un autre certificat
- Ainsi de suite jusqu'à un certificat racine
- Les certificats racines des autorités sont connus des navigateurs
- L'utilisateur fait confiance au navigateur

SSH = secure shell

- Permet de se connecter à un serveur
- Avec une connexion sécurisée
- Anciennement, on utilisait telnet, qui n'est pas sécurisé
- Requiert de s'**authentifier** (contrairement à HTTPS)
- Utilise une **clé publique** pour identifier le serveur
- Implémenté dans OpenSSH: `ssh` (BSD)

```
$ ssh blondin_al@java.labunix.uqam.ca
Password:
Last login: Mon Nov 19 17:15:49 2018 from modemcable209.93-
$ exit
logout
Connection to java.labunix.uqam.ca closed.
```

Transférer des fichiers

`scp` — copie des fichiers par connexion sécurisée

- `-r` copie récursivement (suit les liens symboliques)
- `-p` préserve les dates et les droits
- `-P` spécifie un port

```
$ scp img/debian.png img/ubuntu.png\
>     blondin_al@java.labunix.uqam.ca:~/Pictures
Password:
debian.png                    100%   18KB 333.8KB/s   00:00
ubuntu.png                    100%  886    28.1KB/s   00:00
$ scp -r blondin_al@java.labunix.uqam.ca:~/Pictures/\
>        Pictures
[...]
$ ls Pictures/
```

- Voir aussi `rsync` (extra)

SSH avec les clés

- On génère une **paire de clés** (publique, privée)

→ `ssh-keygen`

→ Dans `~/.ssh/id_rsa` et `~/.ssh/id_rsa.pub` par défaut

- On entre une **phrase de passe** (optionnelle)

→ Permet de **déchiffrer** la clé privée

→ Utilisée par le client

- On **copie** la clé publique sur la machine distante

→ `ssh-copy-id`

→ Elles vont dans `~/.ssh/authorized_keys`

- On se connecte sans mot de passe

Autres utilisations

- Automatiser les connexion SSH
- Identités multiples (une par paire de clés)
- Protocole `git` via SSH (on enregistre ses clés publiques)

Réseaux locaux

Réseau local

- LAN = Local area network

Technologie

- Ensemble d'ordinateurs
- Connectés par une infrastructure réseau commune
- Ethernet et Wi-Fi

Besoins

- Permettre aux machines du réseau de communiquer
- Permettre l'accès à internet
- Protéger les machines des attaques de l'extérieur

Routeur

- Passerelle entre deux réseaux
- Utilise une table de routage pour distribuer les paquets

Routeur et +

Les routeurs personnels modernes ont plus de services

- Point d'accès Wi-Fi: pour les clients sans fil
- Serveur DHCP: pour attribuer des adresses IP aux clients
- Serveur DNS: pour cacher et relayer les requêtes DNS
- Pare-feu: pour appliquer une politique de sécurité
- NAT: pour router les adresses privées

Pare-feu (*firewall*)

Applique une politique de sécurité réseau

Filtrage

- Sens des paquets
- Origine ou destination des paquets (IP, protocole, port)
- Données des paquets (applicatif)

Contrôle et surveillance

- Surveillance d'activité

Traduction d'adresse réseau (NAT, *network address translation*)

- Permet l'accès au réseau
- Cache l'adresse réelle des clients
- Maintient l'état des connexions

Pare-feu système

Le système d'exploitation a son propre pare-feu

`iptables` outil d'administration du pare-feu (Linux)

- Voir `https://netfilter.org/`

`ufw` (*uncomplicated firewall*) gestion simplifiée du pare-feu (extra)

- `enable/disable` — activer/désactiver le pare-feu
- `status` — afficher l'état d'un pare-feu
- `allow/deny/reject/limit` — ajouter une règle
- `delete` — supprimer une règle

```
$ ufw allow in http    # Requête HTTP entrante permise
$ ufw reject out smtp # Pas d'envoi de courriel
$ ufw allow 80/tcp     # Permettre TCP sur le port 80
$ ufw deny 53          # Interdire les accès au port 53
```

Exemple

Permettre l'accès à Apache:

```
$ sudo ufw enable
$ sudo ufw app list
Available applications:
  Apache
  Apache Full
  OpenSSH
  ...
$ sudo ufw allow 'Apache Full'
$ sudo ufw status
Status: active
To                         Action      From
--                         ------      ----
Apache Full                ALLOW       Anywhere
Apache Full (v6)           ALLOW       Anywhere (v6)
```

Note: sous Debian il faut utiliser « `WWW Full` » par exemple

Tunnels et réseau privé virtuel

La communication entre deux ordinateurs sur internet peut être limitée

- Environnement hostile
- Pare-feux agressifs
- Adresses non-routables

Tunnel

- Établissement d'un canal de communication sécurisé
- Utilisation de ce canal pour faire passer un autre protocole

Réseau privé virtuel (VPN)

- Étendre un réseau privé sur un réseau public
- Transparent pour les applications

$\rightarrow$ Elles communiquent comme sur un seul réseau privé

- Peut cacher l'identité des machines (NAT)

Tunnel SSH: redirection de port

- D'un coté: un réseau local inaccessible de l'extérieur
- De l'autre coté: un réseau distant inaccessible de l'extérieur

$\rightarrow$ Sauf une machine distante `example.com` accessible par ssh

Accéder à un service distant à partir du réseau local

- ssh ouvre un port `portlocal` sur la machine locale
- Qui est redirigé vers un port `portdistant`
- Sur une machine distante `hotedistant`

```
$ ssh -L portlocal:hotedistant:portdistant serveur.com
```

Accéder à un service local à partir du réseau distant

- ssh ouvre un port `portdistant` sur la machine distante
- Qui est redirigé vers un port `portlocal`
- Sur une machine locale `hotelocal`

Exemple complet

- Notre machine n'est pas accessible de l'extérieur !
- Comment accéder à notre Apache depuis la machine java ?

```
$ ssh -R 8888:localhost:80 java.labunix.uqam.ca
$ curl http://localhost:8888
```

Attention

- La première ligne est exécutée sur notre machine

→ Le premier « localhost » désigne notre machine

- La seconde ligne est exécutée sur java

→ Le second « localhost » désigne la machine java

Pièce en un acte

Personnages

- apache: serveur HTTP sur notre machine locale
- ssh: client ssh sur notre machine locale
- sshd: serveur ssh sur la machine java distante
- curl: client HTTP sur la machine java distante

Acte 1, scène 1 (ssh, sshd)

```
$ ssh -R 8888:localhost:80 java.labunix.uqam.ca
```

- ssh/sshd: crée un tunnel entre les deux machines
- sshd: ouvre un socket sur java, port 8888
- sshd: ouvre un shell interactif pour l'utilisateur

Pièce en un acte (suite)

Acte 1, scène 2 (ssh, sshd, curl, apache)

```
$ curl http://localhost:8888
```

- curl: se connecte au port 8888 de java et écrit la requête HTTP
- sshd: reçoit la requête et l'envoie à ssh via le tunnel
- ssh: se connecte sur notre machine, port 80 et copie la requête
- apache: lit la requête et envoie la réponse (à ssh)
- ssh: passe la réponse dans le tunnel (à sshd)
- sshd: passe la réponse (à curl)
- curl: affiche la réponse à l'écran

Redirection d'une application graphique

```
$ ssh -X blondin_al@java.labunix.uqam.ca
Password:
$ cd Pictures/
$ display debian.png
$ gedit
```

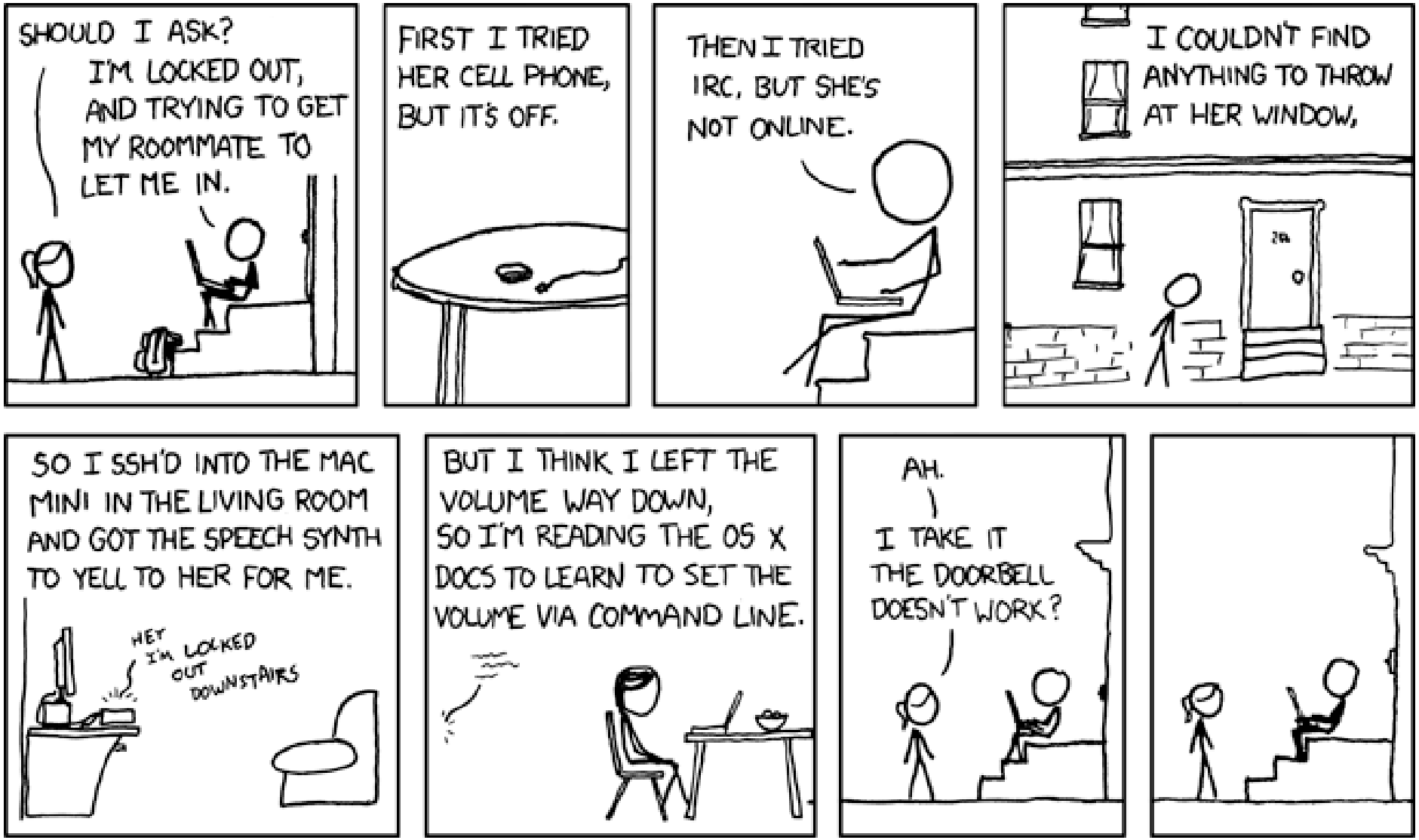
Attention!

- Possiblement lent
- Plus ou moins déprécié
- La machine distante a un accès total à votre interface

→ capture d'écran `import -window root ecran.png`

→ capture clavier `xinput test-xi2 --root`

I'm an Idiot



Source: https://xkcd.com/530/ (2009)

Muliplexeur de terminaux et sessions

Fin d'une session distante

Quitte une session

- Si on quitte une connexion SSH
- Tous les processus lancés terminent
- On peut toujours utiliser `disown` ou `nohup`
- Mais pas pratique de les récupérer plus tard

Solution

Utiliser un serveur de sessions

- `screen` (GNU)
- `tmux` (extra)

Manipulation de sessions

- `tmux` démarre une nouvelle session
- `tmux new -s <nom>` démarre une session nommée
- `tmux a`, `tmux at`, `tmux attach` charge la dernière session
- `tmux a -t <nom>` charge une session nommée
- `tmux ls` liste les sessions existantes
- `tmux kill-session -t <nom>` termine une session nommée

Lorsque Tmux tourne, on peut entrer Ctrl + B puis:

- `:new` crée une nouvelle session
- `s` liste les sessions
- `$` pour nommer la session courante
- `d` se détacher de la session
- `t` affiche l'heure dans la fenêtre
- `?` affiche de l'aide

Manipulation de l'interface

Panneaux

- `%` séparation horizontale
- `"` séparation verticale
- `o` inverse les panneaux
- `q` affiche la numérotation des panneaux
- `x` tue le panneau
- Espace change la disposition des panneaux

Fenêtres

- `c` nouvelle fenêtre
- `,` nommer une fenêtre
- `w` lister les fenêtres
- `f` trouver une fenêtre
- `&` tuer une fenêtre
- `.` déplacer une fenêtre

Exemple

Je lance une session:

```
$ ssh blondin_al@java.labunix.uqam.ca
$ tmux new -s masession
# Je lance maintenant un long calcul
$ cat /dev/urandom | tr -cd 0-9
# Je "détache" la session (Ctrl + B puis d)
$ exit
```

Puis je la récupère:

```
$ ssh blondin_al@java.labunix.uqam.ca
$ tmux a -t masession
```