Administration et Sécurité des Réseaux : Administration Système

– M2102 –

Camille Coti [1]
camille.coti@lipn.univ-paris13.fr

Département R&T, IUT de Villetaneuse, Université de Paris XIII

1. Quelques petites corrections faites en 2019 par Luca Saiu http://ageinghacker.net .

Plan du cours

Plan du cours

Introduction du module

Organisation du module :

- 3 CM de 1h30 chacun
- 6 TP de 3H chacun

Ressources : slides, cours, polycopié

- Polycopié à lire pour préparer les TP
- TP1 : partie 2
- TP2 : parties 3 à 4.3
- TP3 : parties 4.4 à 6
- TP4 à 6 : parties 7 à 9.

Tout est en ligne : `http://lipn.fr/~coti/cours`

→ Module M2102

Plan du cours

Administration système

Machines administrées :

- Serveurs
- Parc de machines
- Équipements réseaux...

Utilisateurs : à distinguer des **administrateurs** !

- Ne font qu'utiliser la machine, ne l'administrent pas
- Peuvent faire des actions limitées. Exemple : pas installer de nouveau périphérique
- Niveau de connaissances variable : certains experts (ou se croyant comme tel...), d'autres ne savent utiliser que ce dont ils ont besoin

Administrateur système

Il assure des **tâches d'administration** sur la machine

→ Tout système nécessite d'avoir un administrateur

Tâches d'administration :

- Installation et mise à jour des systèmes
- Installation et mise à jour de logiciels
- Ajout et suppression d'utilisateurs
- Ajout et suppression de matériel, reconfiguration
- Sauvegardes et restaurations
- Surveillance du système
- Sécurité
- Monitoring
- Gestion de la documentation locale
- Aide aux utilisateurs
- ...

Administrer une machine ou un parc ?

Administrer **sa machine** :

- La maintenir à jour, appliquer des correctifs quand il en sort...
- Installer un logiciel quand on en a besoin
- Environnement relativement maîtrisé

Administrer **un parc de machines** :

- Hétérogène : machines différentes, équipements différents (routeurs, serveurs, stations de travail, photocopieuses, machines à café...)
- Complexité due à cette hétérogénéité, au nombre d'équipements...
- Notion de machines de production : besoin d'équipements et de logiciels fiables
- Environnement peu maîtrisé : utilisateurs, extérieur...

Plan du cours

Système multi-utilisateurs

Plusieurs utilisateurs :

- Plusieurs utilisateurs peuvent utiliser une même machine
- Sur des serveurs : plusieurs utilisateurs ayant chacun des droits limités :
  - Une tâche ↔ un utilisateur qui n'a le droit que de l'exécuter
  - Exemple : identité sous laquelle tourne le serveur Apache. Serveur piraté → contention de la menace

Principe important : **ne donner à un utilisateur que les droits dont il a absolument besoin**

Réflexion en amont de la mise en place des comptes utilisateurs sur un système :

- Catégories d'utilisateurs ? → Définition de *groupes*
- Utilisateurs réels (physiques) ou pour l'administration ?
- Permissions qu'il est nécessaire d'accorder à ces utilisateurs ?
- Politique des comptes : temporaires, permanents, etc...

Utilisateurs d'un système

Super-utilisateur

- Il a tous les droits !
- À utiliser avec parcimonie... doit être réservé aux tâches d'administration.
- Jamais utilisé en permanence !

Comptes utilisateurs

- Vrais utilisateurs, correspondent à une personne
- Attention à éviter d'avoir plusieurs personnes sur un même groupe
- Doivent avoir des permissions limitées

Comptes système

- Ne correspondent pas à des personnes réelles
- Utilisés par le système pour certaines tâches. Exemple : faire tourner un serveur
- Ne doivent avoir que les permissions dont ils ont besoin pour effectuer cette tâche en particulier
- Ne doivent pas pouvoir se connecter sur le système

Utilisateurs d'un système

Utilisateurs locaux

- N'existent que sur le système local
- Créés, configurés et maintenus sur le système local
- N'existent pas sur une autre machine du réseau

Utilisateurs réseau

- Gestion généralement centralisée sur un un service d'annuaire (NIS, LDAP, ActiveDirectory...)
- Sont connus de toutes les machines qui utilisent ce service d'annuaire

Création d'un utilisateur

Seul le super-utilisateur peut effectuer cette tâche

→ Raison évidente...

Commande `adduser`

- Crée un utilisateur
- Local ou réseau
- Avec ou sans mot de passe, avec ou sans répertoire personnel, etc...

Commande `useradd`

- Crée un utilisateur
- Uniquement local
- Même comportement que `adduser`, à part le point précédent

Mais ! Attention, le comportement de ces commandes dépend souvent de la version d'Unix et de la distribution utilisée. Lisez la doc en ligne locale !

Configuration de la création d'utilisateurs

Fichiers `/etc/login.defs` et `/etc/adduser.conf`

- `/etc/login.defs` permet de configurer `useradd`
- `/etc/adduser.conf` permet de configurer `adduser`

Exemple :

```
UID_MIN                  1000
UID_MAX                 60000
DEFAULT_HOME              yes
```

Profil par défaut : contenu du répertoire `/etc/skel`

- Squelette qui va être copié dans le répertoire personnel de chaque utilisateur créé
- Fichiers mais aussi répertoires

Informations sur les utilisateurs

Obtenir des informations sur un utilisateur :

- Son iud, ses groupes : `id`

```
coti@maximum:~$ id coti
uid=3456(coti) gid=1000 groupes=1000
```

Informations sur les utilisateurs

Obtenir des informations sur un utilisateur :

- Son iud, ses groupes : `id`

```
coti@maximum:~$ id coti
uid=3456(coti) gid=1000 groupes=1000
```

- Plus d'info : `finger`

```
coti@maximum:~$ finger figatellix
Login: figatellix                       Name: Figatellix
Directory: /home/figatellix             Shell: /bin/bash
Last login Tue Feb  4 15:38 (CET) on tty1
New mail received Sun Apr 27 17:51 2014 (CEST)
     Unread since Mon Feb  3 16:07 2014 (CET)
No Plan.
```

Fichiers d'informations des utilisateurs : /etc/passwd

Fichier /etc/passwd

- Contient les informations relatives aux comptes eux-mêmes
- Une ligne par compte
- 7 champs séparés par le symbole " :" :

Exemple :

```
figatellix:x:1000:1001:Figatellix,,,:/home/figatellix:/bin/bash
```

1. login
2. x, anciennement le mot de passe, non-affichable
3. user id, ou *uid* de l'utilisateur
4. numéro du groupe primaire (group id, ou *gid*) de l'utilisateur
5. nom complet de l'utilisateur et éventuelles remarques ;
6. chemin vers le répertoire personnel ;
7. shell de connexion

Fichiers d'informations des utilisateurs : /etc/shadow

Fichier /etc/shadow

- Contient les informations relatives aux mots de passe des comptes, et les mots de passe (cryptés)
- Une ligne par compte
- 9 champs séparés par le symbole " :" :

Exemple :

```
figatellix:$6$ZzwWAP5z$DzF2Qf8pib3CY88EqeBlQz6KNC1:16104:0:99999:7:::
```

1. login
2. mot de passe, crypté
3. le nombre de jours entre le 1er janvier 1970 et la date de dernier changement du mot de passe
4. nombre de jours avant que le mot de passe puisse être changé
5. nombre de jours avant que le mot de passe doive être changé
6. nombre de jours durant lesquels l'utilisateur est prévenu de l'expiration de son mot de passe
7. nombre de jours entre l'expiration du mot de passe et la fermeture du compte
8. la date de fermeture du compte
9. champ réservé pour un éventuel usage ultérieur.

/etc/passwd vs /etc/shadow

```
coti@maximum:~$ ls -l /etc/passwd /etc/shadow
-rw-r--r-- 1 root root   1762 févr. 14 14:51 /etc/passwd
-rw-r----- 1 root shadow 1196 févr. 14 14:51 /etc/shadow
```

Les deux appartiennent au super-utilisateur

- `/etc/passwd` est lisible par tout le monde
- `/etc/shadow` n'est lisible par le super-utilisateur et les membres du groupe shadow.
- modifiables uniquement par le super-utilisateur

Contrairement à ce que leur nom évoque, c'est le fichier `/etc/shadow` qui contient les mots de passe et non pas le fichier `/etc/passwd`.

Groupes d'utilisateurs

Principe :

- Rassembler les utilisateurs dans des **groupes**
- Donner des **permissions** à chaque groupe

Exemple : "tous les membres de ce projet ont le droit d'écrire dans ce répertoire"

- On met tous les membres du projet dans un groupe
- On donne les droits en écriture sur le répertoire à ce groupe

Chaque utilisateur fait partie d' **au moins 1 groupe** :

- Obligatoirement dans un **groupe primaire** et un seul
- Éventuellement dans des **groupes supplémentaires**

Commande `id` :

```
coti@maximum:~$ id figatellix
uid=1000(figatellix) gid=1001(figatellix) groupes=24(cdrom),25(floppy),
29(audio),30(dip),44(video),46(plugdev),104(scanner),109(bluetooth),
111(netdev),1001(figatellix)
```

Informations sur les groupes

Fichier `/etc/group` : contient les définitions des groupes

- nom du groupe ;
- `x`, anciennement le mot de passe, non-affichable
- le numéro du groupe
- la liste des utilisateurs faisant partie du groupe en tant que groupe secondaire

```
root:x:0:
cdrom:x:24:figatellix
audio:x:29:pulse,figatellix
figatellix:x:1001:
```

Informations sur les groupes

Fichier `/etc/group` : contient les définitions des groupes

- nom du groupe ;
- `x`, anciennement le mot de passe, non-affichable
- le numéro du groupe
- la liste des utilisateurs faisant partie du groupe en tant que groupe secondaire

```
root:x:0:
cdrom:x:24:figatellix
audio:x:29:pulse,figatellix
figatellix:x:1001:
```

Fichier `/etc/gshadow` : contient les mots de passe des groupes.

- nom du groupe
- mot de passe du groupe, crypté (cf fichier `/etc/shadow`)
- liste des utilisateurs définis comme administrateurs de ce groupe
- liste des utilisateurs faisant partie du groupe en tant que groupe secondaire

```
root:*::
cdrom:*::figatellix
audio:*::pulse,figatellix
figatellix:!::
```

Modifier les groupes

Plusieurs possibilités pour manipuler quels utilisateurs sont dans les groupes :

- Commande `usermod` : modification du groupe d'un utilisateur

```
root@maximum:~# usermod  -a -G backup figatellix
```

- Pour modifier les groupes secondaires : modification du fichier `/etc/group`, ajout/suppression des utilisateurs dans les groupes
- Pour modifier le groupe primaire : modification du fichier `/etc/passwd`

Modification des propriétés d'un groupe : commande `groupmod`

- Modification son gid, son mot de passe ou son nom du groupe.

Plan du cours

Plan du cours

Permissions associées aux fichiers

```
coti@maximum:~/repertoire$ ls -l
total 16
lrwxrwxrwx 1 coti users   27 avril 27 16:48 lien -> /boot/vmlinuz-3.2.0
-rwxr-xr-x 1 coti users 5837 avril 27 16:48 plante
-rw-r--r-- 1 coti users  225 avril 27 16:48 plante.c
drwxr-xr-x 2 coti users 4096 avril 27 16:48 subdir
```

1ere colonne : **mode** de chaque fichier

- Composé de dix caractères
- un **indicateur de type** (un caractère) : répertoire, lien symbolique, pipeline, socket, fichier normal...
- puis les **droits d'accès** à ce fichier (neuf caractères).

Permissions associées aux fichiers

```
coti@maximum:~/repertoire$ ls -l
total 16
lrwxrwxrwx 1 coti users   27 avril 27 16:48 lien -> /boot/vmlinuz-3.2.0
-rwxr-xr-x 1 coti users 5837 avril 27 16:48 plante
-rw-r--r-- 1 coti users  225 avril 27 16:48 plante.c
drwxr-xr-x 2 coti users 4096 avril 27 16:48 subdir
```

1ere colonne : **mode** de chaque fichier

- Composé de dix caractères
- un **indicateur de type** (un caractère) : répertoire, lien symbolique, pipeline, socket, fichier normal...
- puis les **droits d'accès** à ce fichier (neuf caractères).

Droits d'accès : 3 blocs de 3 caractères :

- Droits de l'utilisateur propriétaire du fichier
- Droits du groupe propriétaire du fichier
- Droits du reste du monde

Permissions associées aux fichiers

Permissions : 3 caractères par catégorie concernée :

- Lecture : `r` (read)
- Écriture : `w` (write)
- Exécution : `x` (execute)

Exemple : `rwxr-xr-x`

- Le **propriétaire** du fichier a le droit d' **exécuter, écrire et lire** le fichier (droits `rwx`)
- Les **membres du groupe** propriétaire du fichier ont le droit de l' **exécuter et de le lire** mais pas d'écrire dessus (droits `r-x`)
- Le **reste du monde** a le droit de l' **exécuter et de le lire** mais pas d'écrire dessus (droits `r-x`)

Permissions associées aux fichiers

Autre façon d'exprimer les permissions associées à un fichier : **forme numérique**

- Chaque caractère = 1 bit
  - Valeur 1 si la permission est présente, 0 sinon
- 3 groupes de 3 bits = 3 nombres codés sur 3 bits chacun

Exemple : `rwxr-x-x`

- En binaire : `111 101 001`
- En décimal : 751

Modification des permissions

Modification des permissions associées à un fichier : **commande** `chmod` (*change mode*)

Utilisation :

- Définition des droits : signe =

```
coti@maximum:~/repertoire$ chmod =rwxrxrx plante.c
```

- Ajout ou retrait de droits : signe + ou -

```
coti@maximum:~/repertoire$ chmod g-x plante.c
coti@maximum:~/repertoire$ chmod g+w plante.c
```

- Utilisation de la forme numérique

```
coti@maximum:~/repertoire$ chmod 751 plante.c
```

Masque de création

Masque de création = définit permissions associées à un fichier à sa création

Quatre chiffres :

- Indicateur de type de fichier (donc 0)
- Masque de permissions

On calcule les permissions en retranchant ce masque :

- De 0777 pour un répertoire
- De 0666 pour un fichier normal

Exemple :

```
coti@maximum:~/repertoire$ umask
0022
```

- Création d'un répertoire : $0777 - 0022 = 0755$ = `rwxr-xr-x`
- Création d'un fichier normal : $0777 - 0022 = 0644$ = `rw-r-r-`

Propriétaire d'un fichier

Lorsqu'un fichier est créé, quels sont son utilisateur et son groupe propriétaires ?

- Utilisateur propriétaire : **utilisateur qui a créé le ficher**
- Groupe propriétaire : **groupe primaire** de l'utilisateur qui a créé le fichier

```
coti@maximum:/tmp$ touch toto
coti@maximum:/tmp$ ls -l toto
-rw-r--r-- 1 coti 1000 331 avril 27 16:39 toto
```

Changement de propriétaire d'un fichier : **commande chown** (*change owner*)

- Changement d'utilisateur propriétaire ou également du groupe propriétaire

```
root@maximum:/tmp# chown figatellix toto
root@maximum:/tmp# ls -l toto
-rw-r--r-- 1 figatellix 1000 331 avril 27 16:39 toto
root@maximum:/tmp# chown figatellix:audio toto
root@maximum:/tmp# ls -l toto
-rw-r--r-- 1 figatellix audio 331 avril 27 16:39 toto
```

Plan du cours

Devenir super-utilisateur

Deux possibilités :

- **Changement d'identité** : commande `su` (*switch user*)
  - Permanent : on *devient* le super-utilisateur
  - Nécessite de connaitre le mot de passe

- Exécution d'une commande **en tant que super-utilisateur** : commande `sudo`
  - Temporaire : uniquement le temps d'exécuter la commande
  - Nécessite d'avoir été autorisé explicitement à utiliser `sudo` (fichier `/etc/sudoers`)
  - Actions journalisées : on sait qui a fait quoi en tant que super-utilisateur
  - Possibilité de définir précisément ce qu'un utilisateur a le droit de faire avec `sudo`

Plan du cours

Principe des quotas

Quotas : mis en place au niveau du **système de fichiers**

- Limitation de l'espace de stockage que peut occuper un utilisateur
- Deux éléments limités : l' **espace occupé** et le **nombre de fichiers**

Deux limites :

- La *limite dure* (hard limit), qui ne peut pas être dépassée
- La *limite douce* (soft limit), qui peut être dépassée temporairement

Activation des quotas sur une partition

1. La partition doit être **montée avec les options idoines** :

   ```
   /dev/sdb1 /home ext3 defaults,usrquota,grpquota  1 1
   ```

2. Deux **fichiers à la racine** de la partition concernée :
   - `quota.user`
   - `quota.group`

   Il faut juste qu'ils soient présents et aiment les droits 600.

3. Activation et désactivation des quotas :

   ```
   coti@maximum:~$ sudo quotaon -a
   coti@maximum:~$ sudo quotaoff
   ```

   Vérification des quotas :

   ```
   coti@maximum:~$ sudo quotacheck -vguma -F vfsv0
   ```

Configuration des quotas

Commande `edquota` : **edite les quotas** sur une partition donnée.

Ouvre un éditeur de texte qui affiche un tableau modifiable :

```
coti@maximum:~$ sudo edquota -u user1
Quotas disque pour user user1 (uid 1005) :
 Système de fichiers           blocs       souple     stricte   inodes
  /dev/sdb5                       24       150000   0         13
```

Configuration des quotas

Commande edquota : **edite les quotas** sur une partition donnée.

Ouvre un éditeur de texte qui affiche un tableau modifiable :

```
coti@maximum:~$ sudo edquota -u user1
Quotas disque pour user user1 (uid 1005) :
 Système de fichiers           blocs       souple     stricte   inodes
  /dev/sdb5                       24       150000   0         13
```

Affichage des quotas et **état de l'utilisation** : commande repquota

```
coti@maximum:~$ sudo repquota /home
*** Rapport pour les quotas user sur le périphérique /dev/sdb5
Période de sursis bloc : 7days ; période de sursis inode : 7days
                        Block limits                File limits
Utilisateur     utilisé souple stricte sursis utilisé souple stricte su
------------------------------------------------------------------------
root      --      20       0       0              2     0     0
user1     --      24     150       0             13     0     0
user2     --      16       0       0              4     0     0
```

Plan du cours

Limites du système d'exploitation

Fixées par le **système d'exploitation**

- Garde-fou pour l'utilisateur (en cas de bug par exemple)
- Pour l'administrateur : évite qu'un utilisateur ne monopolise le système

Deux sortes de limites :

- La **limite douce** (soft limit), fixée par l'utilisateur ;
- La **limite dure** (hard limit), fixée par l'administrateur.

Commande `ulimit`

Limites du système d'exploitation

Affichage des limites : `ulimit -a` (all)

```
core file size          (blocks, -c) 0
data seg size           (kbytes, -d) unlimited
scheduling priority             (-e) 0
file size               (blocks, -f) unlimited
pending signals                 (-i) 63602
max locked memory       (kbytes, -l) 64
max memory size         (kbytes, -m) unlimited
open files                      (-n) 1024
pipe size            (512 bytes, -p) 8
POSIX message queues     (bytes, -q) 819200
real-time priority              (-r) 0
stack size              (kbytes, -s) 8192
cpu time               (seconds, -t) unlimited
max user processes              (-u) 63602
virtual memory          (kbytes, -v) unlimited
file locks                      (-x) unlimited
```

Limites du système d'exploitation

Configuration des limites système : fichier `/etc/security/limits.conf`, par groupe ou par utilisateur

```
@etudiants      hard      nprocs      1024
@etudiants      soft      nprocs      512
```

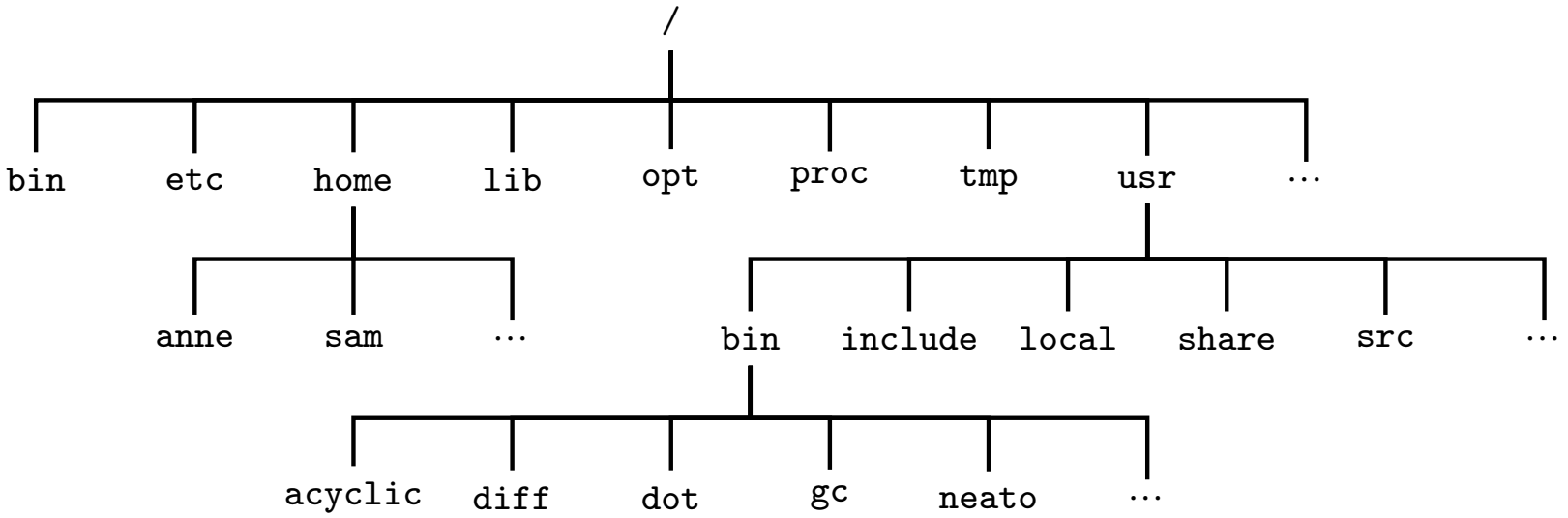
Configuration des limites utilisateur : commande `ulimit` avec l'option correpsondant à la limite à modifier

```
coti@maximum:~$ ulimit -n
1024
coti@maximum:~$ ulimit -n 2086
coti@maximum:~$ ulimit -n
2086
```

Plan du cours

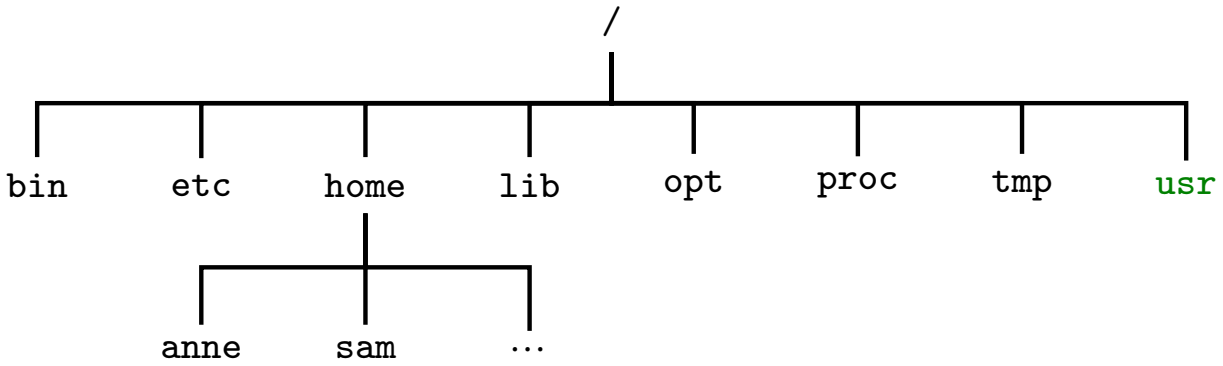
Arborescence de fichiers

Dans les systèmes Unix : structure arborescente unique



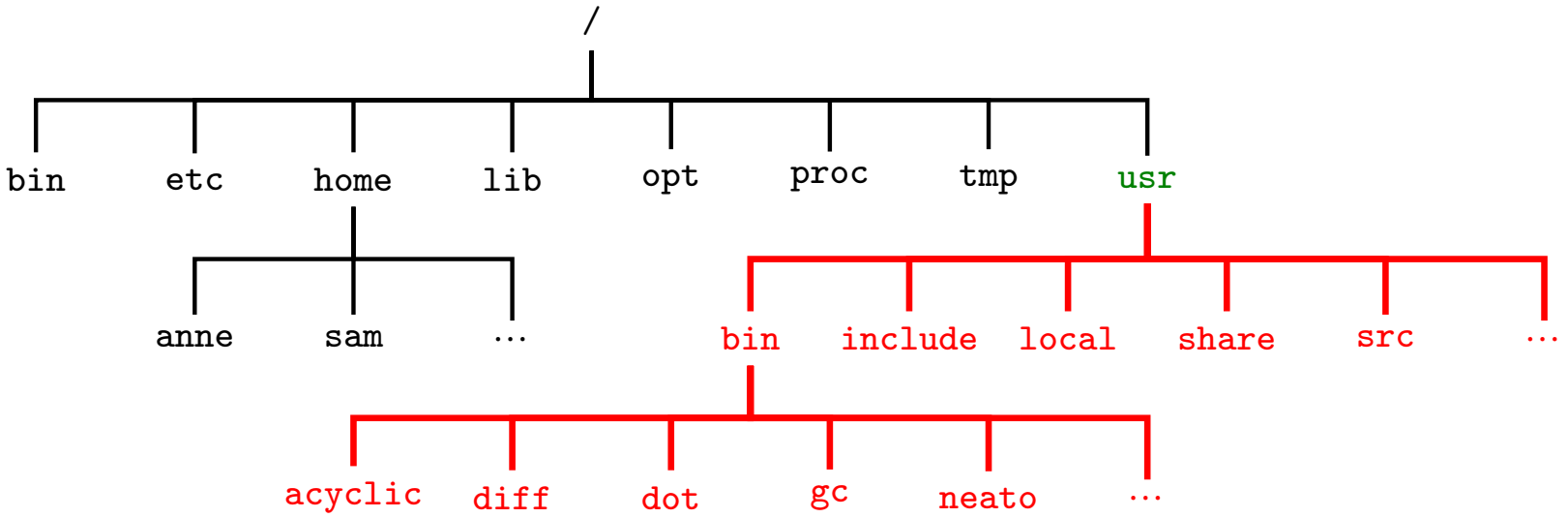
Rattachement d'une partition

Pour rattacher une partition à cette structure, on la **monte** à un **point de montage** :



Rattachement d'une partition

Pour rattacher une partition à cette structure, on la **monte** à un **point de montage** :



Définition des partitions à monter au démarrange

Fichier `/etc/fstab`

- Donne les partitions, leur type et leur point de montage

```
# <file system> <mount point>   <type>  <options>       <dump>  <pass>
/dev/sda1 /                     ext3    errors=remount-ro 0       1
/dev/sdb5 /home                 ext3    defaults        0       2
/dev/sdb1 /opt                  ext3    defaults        0       2
/dev/sda6 /usr                  ext3    defaults        0       2
/dev/sda7 /var                  ext3    defaults        0       2
/dev/sda5 none                  swap    sw              0       0
/dev/sr0        /media/cdrom0   udf,iso9660 user,noauto     0       0
```

Montage à l'exécution

Pour voir **quelles partitions sont montées** : commande `mount`

```
coti@thorim:~$ mount
/dev/disk0s2 on / (hfs, local, journaled)
devfs on /dev (devfs, local, nobrowse)
map -hosts on /net (autofs, nosuid, automounted, nobrowse)
map auto_home on /home (autofs, automounted, nobrowse)
```

Montage à l'exécution

Pour voir **quelles partitions sont montées** : commande `mount`

```
coti@thorim:~$ mount
/dev/disk0s2 on / (hfs, local, journaled)
devfs on /dev (devfs, local, nobrowse)
map -hosts on /net (autofs, nosuid, automounted, nobrowse)
map auto_home on /home (autofs, automounted, nobrowse)
```

Montage d'une partition à la main : commande `mount` (avec des arguments) :

```
mount [options] <partition> <point de montage>
```

Par exemple :

```
root@maximum:~# mount /dev/sdb5 /home
```

Montage à l'exécution

Pour voir **quelles partitions sont montées** : commande `mount`

```
coti@thorim:~$ mount
/dev/disk0s2 on / (hfs, local, journaled)
devfs on /dev (devfs, local, nobrowse)
map -hosts on /net (autofs, nosuid, automounted, nobrowse)
map auto_home on /home (autofs, automounted, nobrowse)
```

Montage d'une partition à la main : commande `mount` (avec des arguments) :

```
mount [options] <partition> <point de montage>
```

Par exemple :

```
root@maximum:~# mount /dev/sdb5 /home
```

Démontage d'une partition : commande `umount`

```
root@maximum:~# umount  /home
```

Nommage des disques sous Linux

Rappel : sous Unix, tout est fichier

→ On peut voir les partitions comme des fichiers spéciaux, dans l'arborescence

On trouve ces fichiers dans le répertoire `/dev`

Système de nommage des disques :

- **Première lettre** : type de connectique
  - `h` pour une interface IDE, `s` pour une interface SATA ou SCSI.
- **Deuxième lettre** : un `d`.
- **Troisième lettre** sert à numéroter les disques : le premier utilise un `a`, le deuxième un `b`, etc...

Exemples :

- `/dev/hda` = premier disque IDE
- `/dev/sdc` = troisième disque SATA ou SCSI

Nommage des partitions sous Linux

Un disque doit être **partitionné** pour être utilisé.

Nommage sous Linux :

- Nom du disque dont la partition fait partie
- Numéro de partition, en commençant à 1

Exemple : `/dev/sda3` = troisième partition du premier disque SATA ou SCSI.

Système de fichiers

Système de fichiers : organise le **stockage et l'accès des données** sur une partition d'un disque.

Fonctionnalités de base d'un système de fichiers :

- Ouverture et fermeture de fichiers
- Gestion des droits d'accès...

Exemples :

- FAT (puis FAT16, FAT32, VFAT...) : système historique sous MS DOS puis Windows
- NTFS : remplace FAT, permet de gérer les droits d'accès
- ext2, ext3, ext4 : utilisés par défaut par les systèmes Linux
- HFS, HFS+ : utilisé sous Mac OS X, iPod, iPad, iPhone...

Mise en place d'un système de fichiers

La commande `mkfs` permet de **mettre en place un système de fichiers** sur une partition

- On spécifie le type de système de fichiers

Exemple :

```
root@maximum:~# mkfs -t ext3  /dev/sda5
```

Ici : on crée un système de fichiers ext3 sur la partition /dev/sda5.

Mise en place d'un système de fichiers

La commande `mkfs` permet de **mettre en place un système de fichiers** sur une partition

- On spécifie le type de système de fichiers

Exemple :

```
root@maximum:~# mkfs -t ext3  /dev/sda5
```

Ici : on crée un système de fichiers ext3 sur la partition /dev/sda5.

Redimensionner un système de fichiers : `resize2fs`

- Attention en diminuant la taille : les données présentes doivent continuer à tenir !
- La partition ne doit pas être montée dans l'arborescence de fichiers au moment de l'exécution

Mise en place d'un système de fichiers

La commande `mkfs` permet de **mettre en place un système de fichiers** sur une partition

- On spécifie le type de système de fichiers

Exemple :

```
root@maximum:~# mkfs -t ext3  /dev/sda5
```

Ici : on crée un système de fichiers ext3 sur la partition /dev/sda5.

Redimensionner un système de fichiers : `resize2fs`

- Attention en diminuant la taille : les données présentes doivent continuer à tenir !
- La partition ne doit pas être montée dans l'arborescence de fichiers au moment de l'exécution

Vérification de l'intégrité d'un système de fichiers, **réparation d'un système journalisé** : `e2fsck`

- La partition ne doit pas être montée dans l'arborescence de fichiers au moment de l'exécution

Plan du cours

Plan du cours

Systèmes de stockage

Types de mémoire trouvés sur une machine :

- De la mémoire **volatile** , utilisée par les applications en cours d'exécution
- De la mémoire **non volatile** , utilisée pour stocker des données de façon permanente

Systèmes de stockage

Types de mémoire trouvés sur une machine :

- De la mémoire **volatile** , utilisée par les applications en cours d'exécution
- De la mémoire **non volatile** , utilisée pour stocker des données de façon permanente

La mémoire non volatile est-elle vraiment sure ?

- Exempte de pannes matérielles ? → **NON !**

Problème : comment **conserver de façon sure** les données de la mémoire non volatile ?

Types de mémoire sur une machine

Mémoires volatiles :

- Flux d'instructions utilisées par le programme en cours : **cache L1** (ou cache de niveau 1)
  - Très rapide, situé sur le processeur, le plus proche de l'ALU, très petit (env. 32ko/cœur)

Types de mémoire sur une machine

Mémoires volatiles :

- Flux d'instructions utilisées par le programme en cours : **cache L1** (ou cache de niveau 1)
  - Très rapide, situé sur le processeur, le plus proche de l'ALU, très petit (env. 32ko/cœur)
- Pour ce qui ne tient pas en cache L1 : **cache L2**
  - Rapide, situé proche du cœur mais plus loin de l'ALU, plus gros que le L1 (env. 256ko/cœur)

Types de mémoire sur une machine

Mémoires volatiles :

- Flux d'instructions utilisées par le programme en cours : **cache L1** (ou cache de niveau 1)
  - Très rapide, situé sur le processeur, le plus proche de l'ALU, très petit (env. 32ko/cœur)
- Pour ce qui ne tient pas en cache L1 : **cache L2**
  - Rapide, situé proche du cœur mais plus loin de l'ALU, plus gros que le L1 (env. 256ko/cœur)
- Pour ce qui ne tient pas en cache L2 : **cache L3**
  - Plus lent que le cache L2, situé sur le processeur, généralement un seul par processeur, plus gros que L2 (env. 8Mo/proc)

Types de mémoire sur une machine

Mémoires volatiles :

- Flux d'instructions utilisées par le programme en cours : **cache L1** (ou cache de niveau 1)
  - Très rapide, situé sur le processeur, le plus proche de l'ALU, très petit (env. 32ko/cœur)
- Pour ce qui ne tient pas en cache L1 : **cache L2**
  - Rapide, situé proche du cœur mais plus loin de l'ALU, plus gros que le L1 (env. 256ko/cœur)
- Pour ce qui ne tient pas en cache L2 : **cache L3**
  - Plus lent que le cache L2, situé sur le processeur, généralement un seul par processeur, plus gros que L2 (env. 8Mo/proc)
- Pour tout ce qui ne tient pas en cache : **mémoire vive**
  - Plus lent que les caches, située sur la carte mère à l'extérieur du processeur, gros (env. 4 à 512 Go/machine)

Types de mémoire sur une machine

Mémoires volatiles :

- Flux d'instructions utilisées par le programme en cours : **cache L1** (ou cache de niveau 1)
  - Très rapide, situé sur le processeur, le plus proche de l'ALU, très petit (env. 32ko/cœur)
- Pour ce qui ne tient pas en cache L1 : **cache L2**
  - Rapide, situé proche du cœur mais plus loin de l'ALU, plus gros que le L1 (env. 256ko/cœur)
- Pour ce qui ne tient pas en cache L2 : **cache L3**
  - Plus lent que le cache L2, situé sur le processeur, généralement un seul par processeur, plus gros que L2 (env. 8Mo/proc)
- Pour tout ce qui ne tient pas en cache : **mémoire vive**
  - Plus lent que les caches, située sur la carte mère à l'extérieur du processeur, gros (env. 4 à 512 Go/machine)
- Pour tout ce qui ne tient pas en mémoire vive : **swap**
  - Partition sur le disque dur, taille 1 ou 2 fois la taille de la mémoire vive, très lent !

Types de mémoire sur une machine

Mémoires volatiles :

- Flux d'instructions utilisées par le programme en cours : **cache L1** (ou cache de niveau 1)
  - Très rapide, situé sur le processeur, le plus proche de l'ALU, très petit (env. 32ko/cœur)
- Pour ce qui ne tient pas en cache L1 : **cache L2**
  - Rapide, situé proche du cœur mais plus loin de l'ALU, plus gros que le L1 (env. 256ko/cœur)
- Pour ce qui ne tient pas en cache L2 : **cache L3**
  - Plus lent que le cache L2, situé sur le processeur, généralement un seul par processeur, plus gros que L2 (env. 8Mo/proc)
- Pour tout ce qui ne tient pas en cache : **mémoire vive**
  - Plus lent que les caches, située sur la carte mère à l'extérieur du processeur, gros (env. 4 à 512 Go/machine)
- Pour tout ce qui ne tient pas en mémoire vive : **swap**
  - Partition sur le disque dur, taille 1 ou 2 fois la taille de la mémoire vive, très lent !

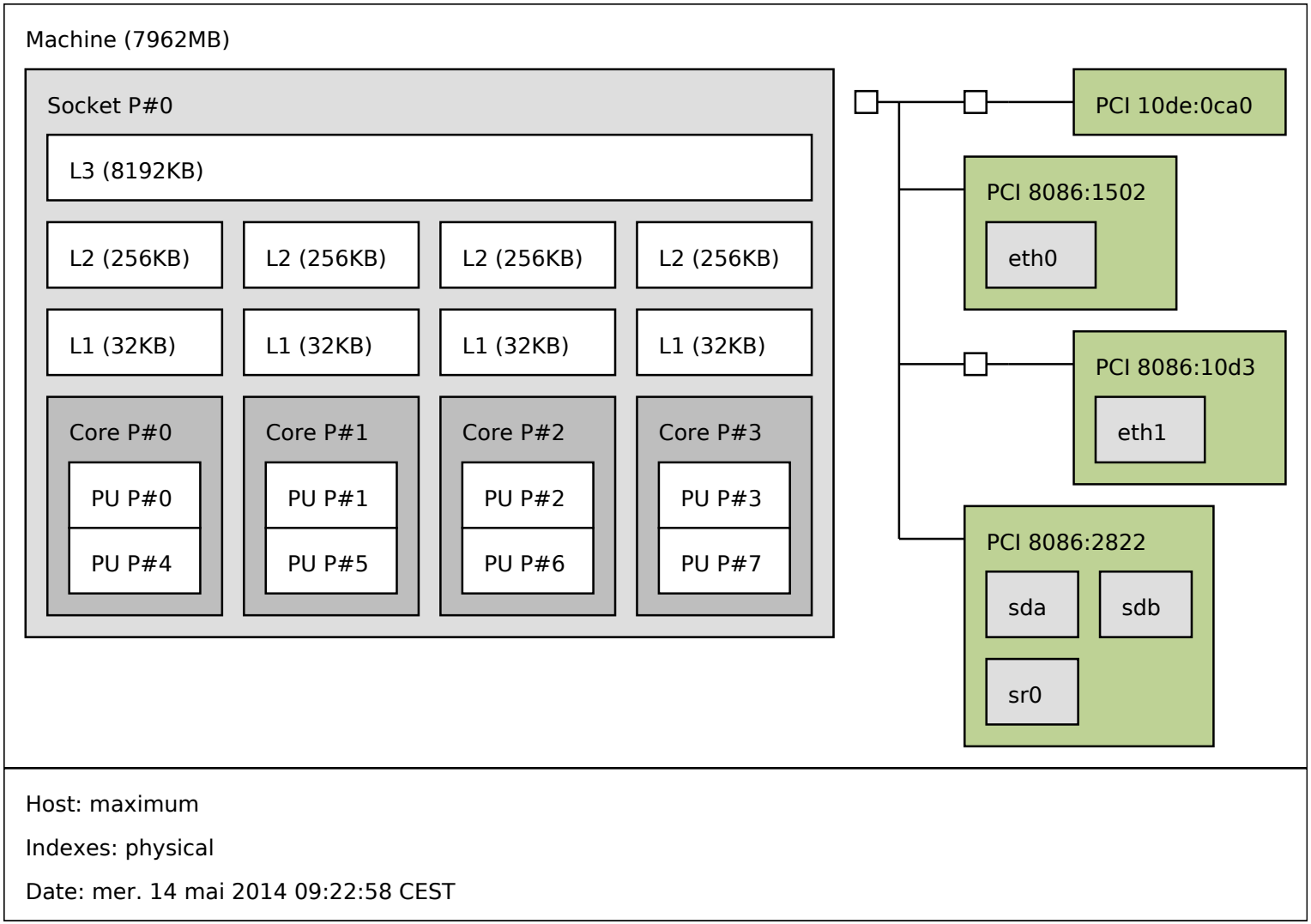
Rapidité :

- L1 > L2 > L3 > RAM > swap

Taille :

- L1 < L2 < L3 < RAM < swap

Hwloc


Machine (7962MB)
Socket P#0
L3 (8192KB)
L2 (256KB)
L2 (256KB)
L2 (256KB)
L2 (256KB)
L1 (32KB)
L1 (32KB)
L1 (32KB)
L1 (32KB)
Core P#0
PU P#0
PU P#4
Core P#1
PU P#1
PU P#5
Core P#2
PU P#2
PU P#6
Core P#3
PU P#3
PU P#7
PCI 10de:0ca0
PCI 8086:1502
eth0
PCI 8086:10d3
eth1
PCI 8086:2822
sda
sdb
sr0
Host: maximum
Indexes: physical
Date: mer. 14 mai 2014 09:22:58 CEST

Non-volatilité

Les données en mémoire volatile **ne sont pas conservées** quand la machine est éteinte

→ Stockage des données en **mémoire non-volatile**

Non-volatilité

Les données en mémoire volatile **ne sont pas conservées** quand la machine est éteinte

→ Stockage des données en **mémoire non-volatile**

Types de **mémoire non volatile** :

- Disque dur mécanique, SSD, bandes magnétiques...

Comment sont stockées les données physiquement ?

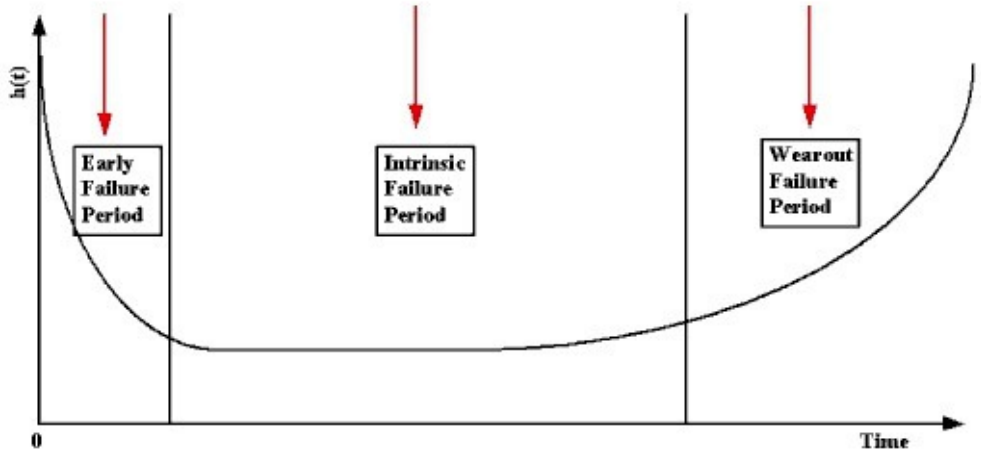
- **Disque dur mécanique** : des plateaux en rotation autour d'un axe, des têtes de lecture se déplaçant
  - → Grosse partie **mécanique** !
  - Fragile et lent
- **SSD** (Solid State device) : mémoire flash
  - → Aucune partie mécanique, donc robuste, rapide et économe en énergie
  - Petite taille
  - Les cellules ont une durée de vie limitée

Plan du cours

Fiabilité

Les disques durs mécaniques sont **peu fiables**

- Pannes au début pendant les 3 premiers mois (période de rodage), pannes au bout de plusieurs années (3-5 ans : usure)
- Probabilité de pannes : courbe en baignoire



Plan du cours

Techniques de stockage sûr

Idée de base : **pouvoir récupérer les données après une panne matérielle** (disque dur HS...)

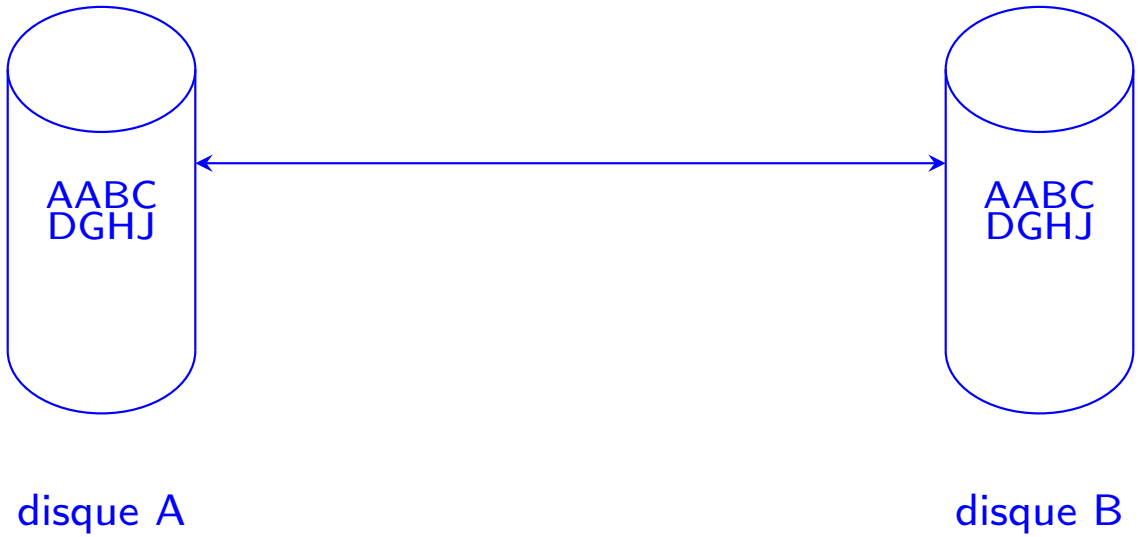
Deux catégories :

- Réplication : on recopie **l'intégralité** des données
- Redondance : on ajoute de la redondance pour **reconstruire** les données perdues

Réplication

Réplication : **copie pure et simple des données**

- On a des données sur un disque, on les recopie intégralement sur l'autre disque



- **En cas de panne** : on prend l'autre disque, on a directement l'intégralité des données
- Inconvénient : pour supporter N pannes, on a besoin de **multiplier l'espace de stockage** par $N+1$

Réplication : sous Unix

`dd` : copie brute d'un fichier dans un autre fichier

- Peut être utilisé entre deux partitions, entre deux disques, d'une partition dans un fichier...

```
root@maximum:~# dd if=/dev/sda of=/dev/sdb bs=1024
root@maximum:~# dd if=/dev/sda of=svg_date.img bs=1024
root@maximum:~# dd if=/dev/sda bs=1024 | gzip > svg_date.img.gz
```

`tar` : rassembler des fichiers dans une archive, en conservant les propriétés associées aux fichiers

- options `-posix -numeric-owner`

```
coti@maximum:~$ tar -posix --numeric-owner czf /opt > /tempo/svg.tgz
```

Sauvegarde incrémentale

Idée : ne sauvegarder **que les modifications effectuées depuis la dernière fois**

- Diminution de la taille de la sauvegarde
- Reconstruction des données étape par étape
- Nécessite une sauvegarde complète de temps en temps

Notion de **niveau de sauvegarde** : par rapport à quelle sauvegarde incrémentale considère-t-on les modifications ?

- Sauvegarde intégrale : niveau 0
- Depuis la dernière sauvegarde intégrale : niveau 1
- Depuis la dernière sauvegarde de niveau 1 : niveau 2
- Depuis la dernière sauvegarde de niveau N : niveau $N+1$

Sauvegarde incrémentale : exemple

On a les données :

```
AABBCCDDEEFFGGHHIIJJKK
```

On sauvegarde l'intégralité :

```
AABBCCDDEEFFGGHHIIJJKK
```

Sauvegarde incrémentale : exemple

On a les données :

```
AABBCCDDEEFFGGHHIIJJKK
```

On sauvegarde l'intégralité :

```
AABBCCDDEEFFGGHHIIJJKK
```

On modifie les données : on remplace FF par OO à 10 caractères du début

```
AABBCCDDEEOOGGHHIIJJKK
```

On sauvegarde uniquement les modifications. Notons par exemple

```
+10 : -FF+OO
```

Sauvegarde incrémentale : exemple

On a les données :

AABBCCDDEEFFGGHHIIJJKK

On sauvegarde l'intégralité :

AABBCCDDEEFFGGHHIIJJKK

On modifie les données : on remplace FF par OO à 10 caractères du début

AABBCCDDEEOOGGHHIIJJKK

On sauvegarde uniquement les modifications. Notons par exemple

+10 : -FF+OO

Nouvelle modification :

AAIICCDDEEOOGGHUUIJJKK

Sauvegarde de niveau 1 :

+2 : -BB+II
+15 : -HI+UU

Sauvegarde incrémentale : exemple

Panne ! On reconstitue les données en prenant **la dernière sauvegarde intégrale** et en lui appliquant **les sauvegardes incrémentales** effectuées depuis :

```
AABBCCDDEEFFGGHHIIJJKK
  +10 : -FF+OO
      -> AABBCCDDEEOOGGHHIIJJKK
  +2 : -BB+II
  +15 : -HI+UU
      -> AAIICCDDEEOOGGHUUIJJKK
```

On obtient bien les données dans leur état au moment de la dernière sauvegarde incrémentale.

Mise en place sous Unix avec dump

`dump` : permet de faire des sauvegardes incrémentales (répertoire, système de fichiers...) en spécifiant le niveau de sauvegarde

```
root@abidjan:~# dump -0uf data0.bkp /home
root@abidjan:~# dump -1uf data1.bkp /home
root@abidjan:~# dump -2uf data2.bkp /home
root@abidjan:~# dump -3uf data3.bkp /home
```

Taille des sauvegardes obtenues :

```
root@abidjan:~# ls -l
total 18322096
-rw-r--r-- 1 root root     2764800 avril 26 00:46 data1.bkp
-rw-r--r-- 1 root root     2764800 avril 26 00:50 data2.bkp
-rw-r--r-- 1 root root 18737960960 avril 26 00:45 data.bkp
```

`restore` permet de restaurer l'état à partir des sauvegardes générées par `dump`

- On applique les sauvegardes incrémentales l'une après l'autre

Redondance : le RAID

RAID : Redundant Array of Independant Disks, ou Redundant Array of Inexpensive Disks

- But : obtenir un système de stockage sûr et rapide à partir de disques bon marché et donc peu fiables et peu performants

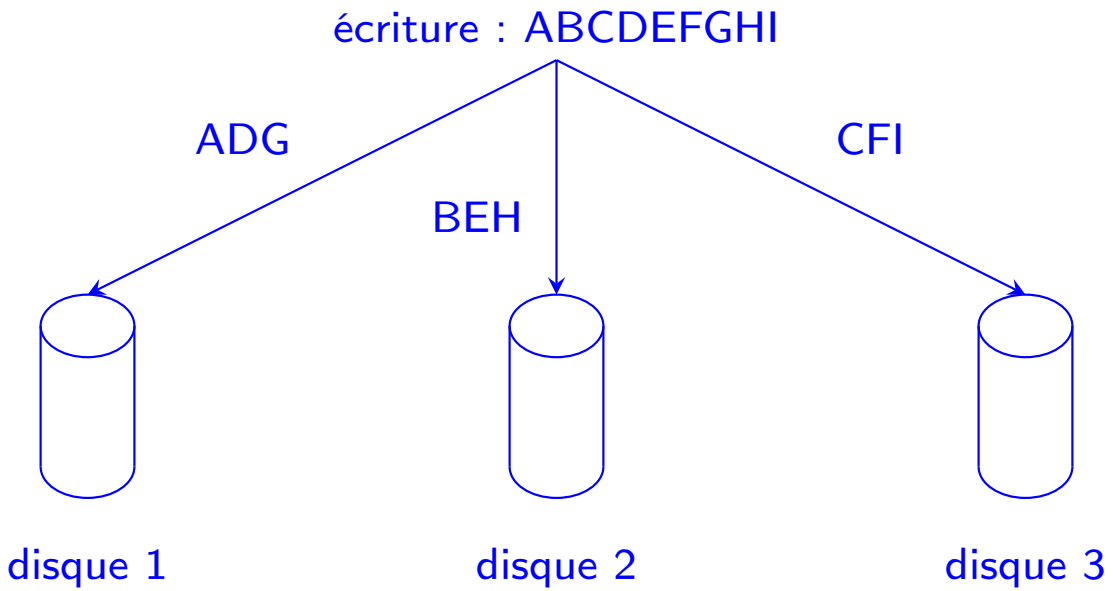
Principes du RAID :

- Possibilité de **lire sur plusieurs disques à la fois**
- Possibilité **d'écrire sur plusieurs disques à la fois**
- Possibilité **d'écrire autant de fois la même information** , ou de **découper l'information et la lire ou l'écrire en parallèle sur plusieurs disques**
- Possibilité **d'écrire une information plusieurs fois** , ou de **récupérer une information en en combinant plusieurs**

RAID 0

RAID 0 : lecture et écriture en parallèle sur plusieurs disques

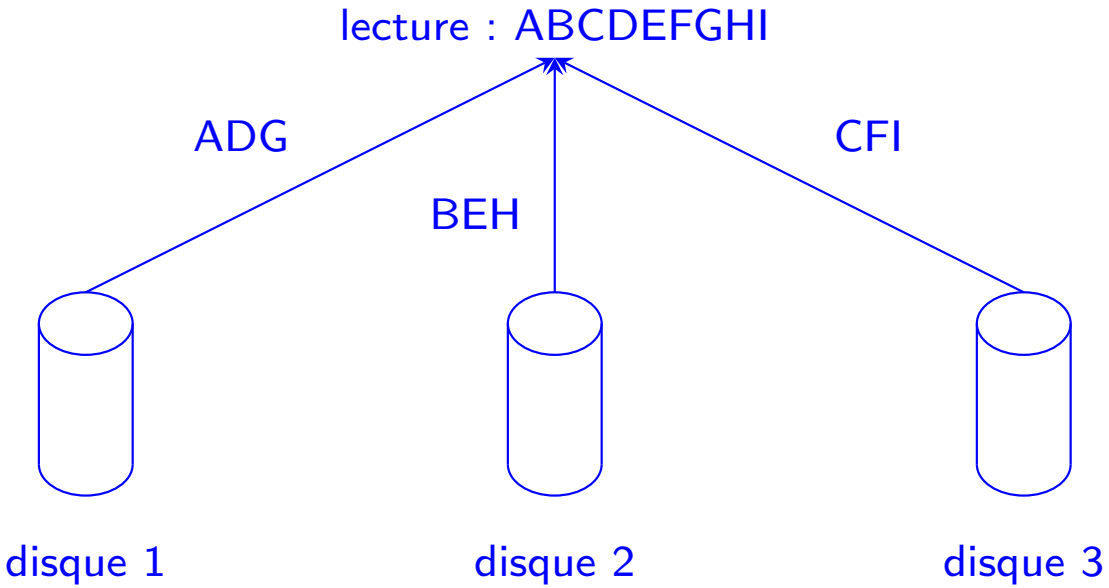
- Les données sont présentes une seule fois dans le système, mais elles sont découpées entre plusieurs disques
- Le stockage n'est **pas fiabilisé**
- Plus rapide !



RAID 0

On écrit un volume V sur D disques :

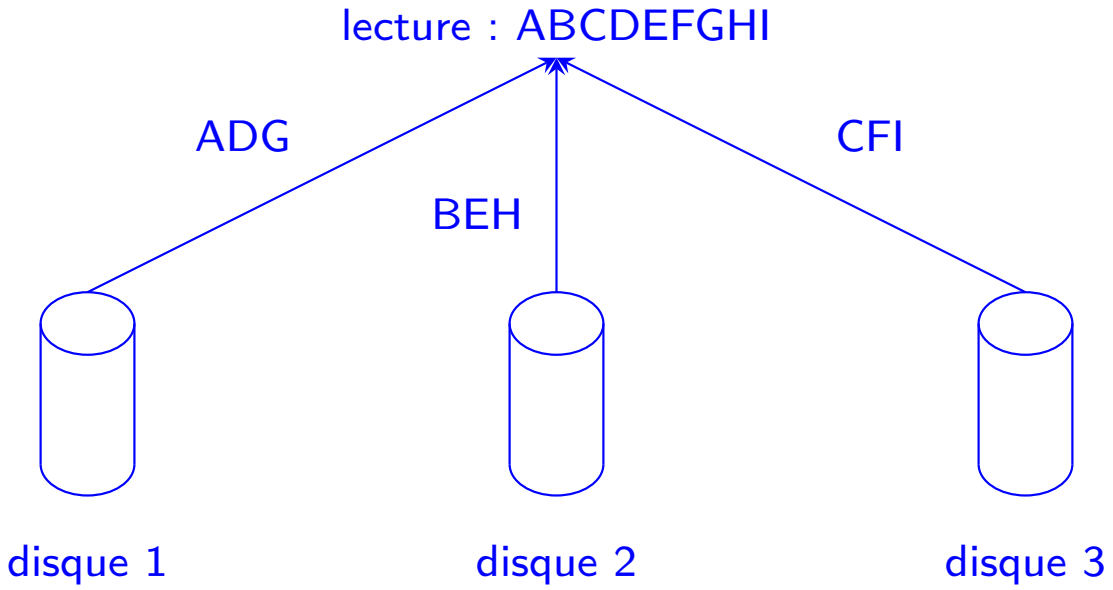
- chaque disque recevra le volume V/D
- si on écrit à la vitesse de τ octets par seconde : idéalement, le temps de lecture sera de $V/(D*\tau)$ au lieu de V/τ



RAID 1

RAID 1 : réplication pure et simple des données

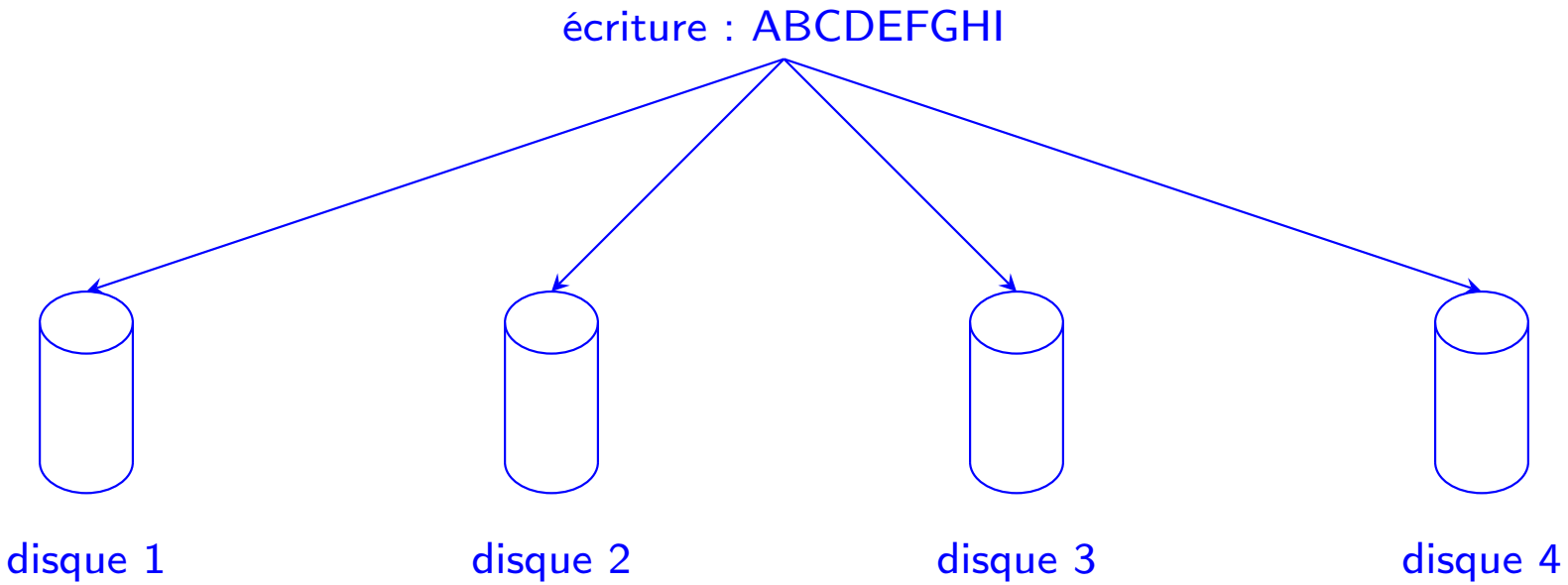
- On écrit la même chose sur plusieurs disques en parallèle
- Stockage fiabilisé par redondance
- Pas plus rapide en écriture
- En lecture, deux possibilités :
  - le disque le moins chargé répond le plus rapidement : équilibrage de charge, un peu plus rapide
  - tirage au sort : on lit aléatoirement sur l'un ou sur l'autre. Répartition de charge



RAID 5

RAID 5 : combine la réplication et la lecture/écriture parallèle

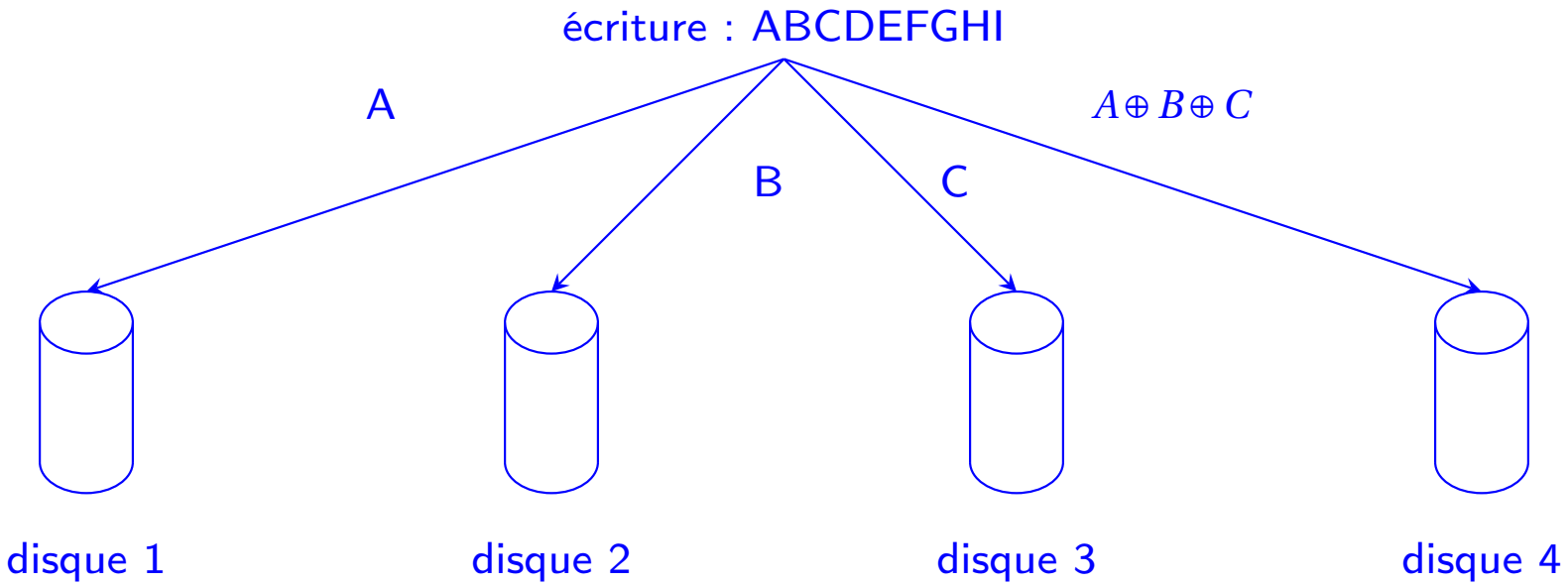
- Basé sur un système de détection et correction d'erreur par parité
- On réserve 1 ou plusieurs disque(s) pour recevoir un bloc de parité
- Lecture/écriture en parallèle sur les disques
- Si un disque tombe en panne, on reconstitue les données perdues avec les données restantes et un bloc de parité



RAID 5

RAID 5 : combine la réplication et la lecture/écriture parallèle

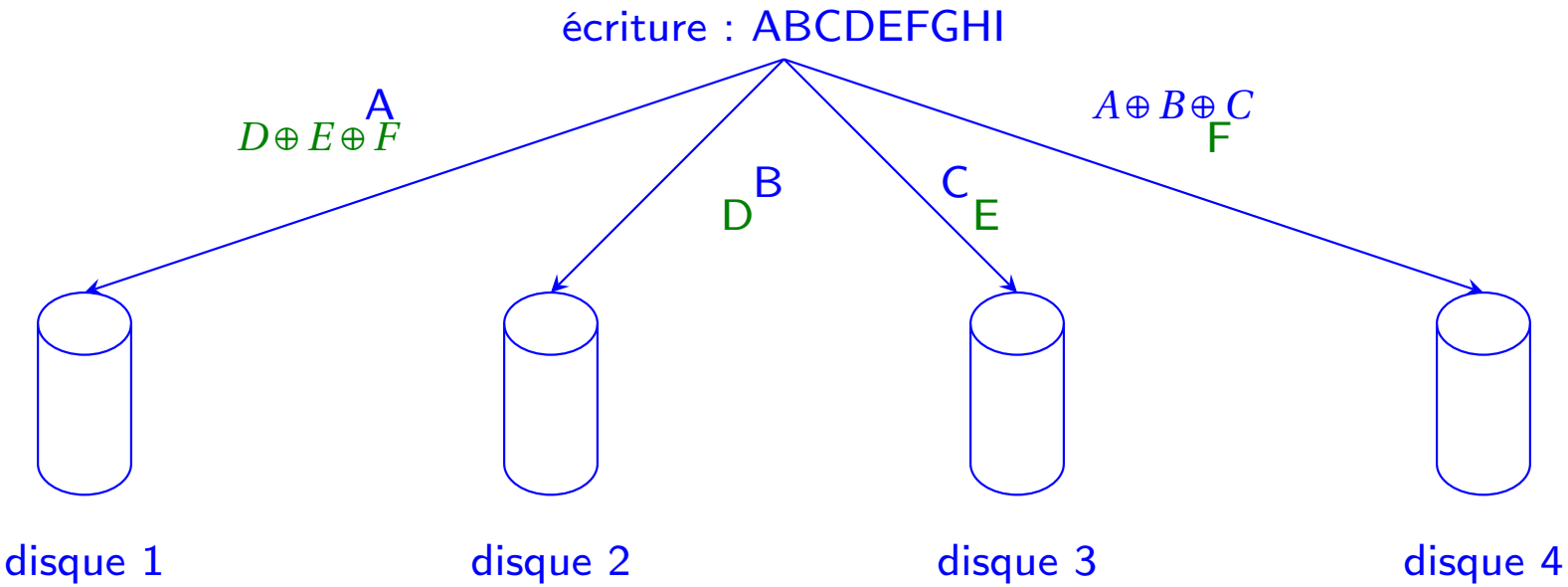
- Basé sur un système de détection et correction d'erreur par parité
- On réserve 1 ou plusieurs disque(s) pour recevoir un bloc de parité
- Lecture/écriture en parallèle sur les disques
- Si un disque tombe en panne, on reconstitue les données perdues avec les données restantes et un bloc de parité



RAID 5

RAID 5 : combine la réplication et la lecture/écriture parallèle

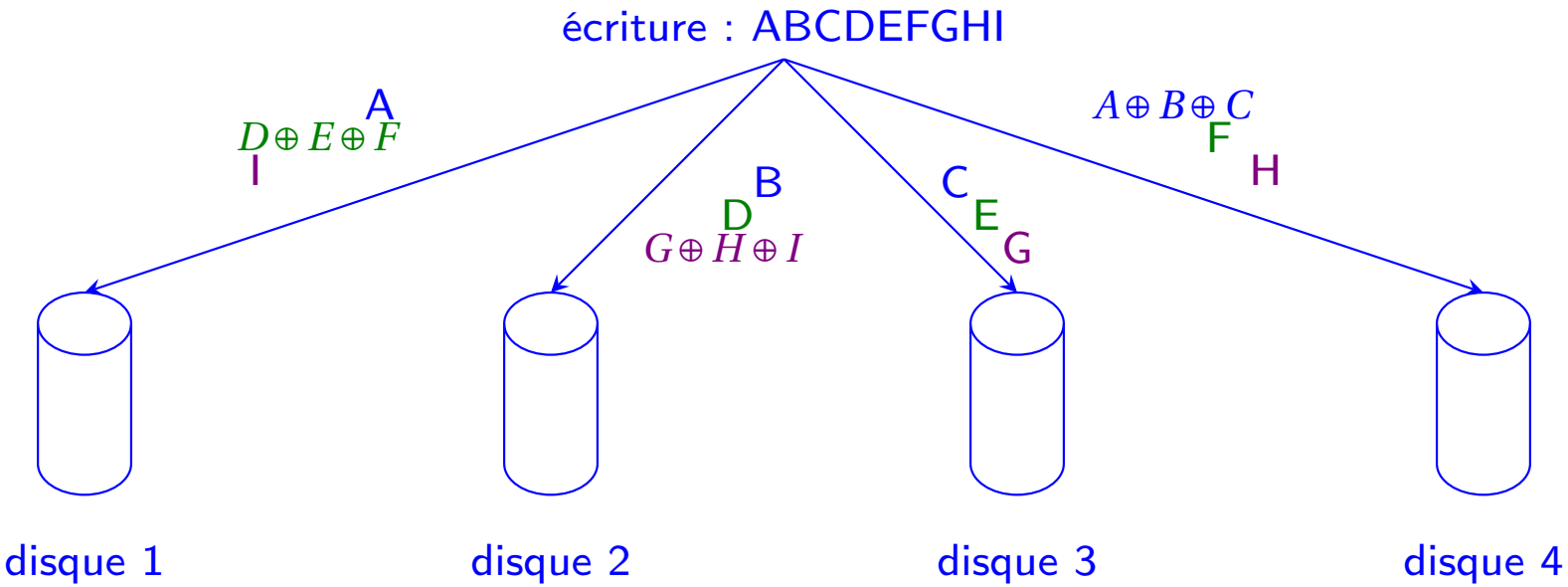
- Basé sur un système de détection et correction d'erreur par parité
- On réserve 1 ou plusieurs disque(s) pour recevoir un bloc de parité
- Lecture/écriture en parallèle sur les disques
- Si un disque tombe en panne, on reconstitue les données perdues avec les données restantes et un bloc de parité



RAID 5

RAID 5 : combine la réplication et la lecture/écriture parallèle

- Basé sur un système de détection et correction d'erreur par parité
- On réserve 1 ou plusieurs disque(s) pour recevoir un bloc de parité
- Lecture/écriture en parallèle sur les disques
- Si un disque tombe en panne, on reconstitue les données perdues avec les données restantes et un bloc de parité



Plan du cours

Surveillance de l'état d'une machine

Sondes matérielles et logicielles

- Fournies par le système d'exploitation : donnent une idée sur ce qui est en train de tourner
- Surveillance de l'état des ressources
- Pseudo-système de fichiers `/proc`
- Utilisation de capteurs de températures

Charge d'une machine

Charge CPU : commande `top`

- Donne la liste des processus exécutés sur la machine
- Pour chaque processus, quelques infos : pourcentage CPU utilisé, mémoire utilisée, temps écoulé depuis le début de l'exécution...
- Possibilité de trier selon un critère en particulier

```
top - 14:47:39 up 14 days,  2:35, 10 users,  load average: 0,96, 0,99, 0,92
Tasks: 244 total,   2 running, 242 sleeping,   0 stopped,   0 zombie
%Cpu(s):  2,3 us,  0,5 sy,  0,0 ni, 96,8 id,  0,5 wa,  0,0 hi,  0,0 si,  0,0 st
KiB Mem:   8153328 total,  7021852 used,  1131476 free,   196668 buffers
KiB Swap:  7811068 total,     2644 used,  7808424 free,  2781416 cached

  PID USER      PR  NI  VIRT  RES  SHR S  %CPU %MEM    TIME+  COMMAND
28710 coti      20   0  986m 148m  23m S   7,0  1,9   0:36.82 chrome
 3529 coti      20   0 1189m  68m  11m S   3,7  0,9  35:04.63 chrome
 2989 coti       9 -11  434m 8824 5584 S   2,3  0,1  22:57.37 pulseaudio
 3167 coti      20   0 1308m 352m  48m S   2,3  4,4 134:44.69 chrome
 1734 root      20   0  260m 153m  27m S   1,7  1,9 185:30.21 Xorg
27381 coti      20   0  993m 127m  28m S   1,3  1,6   1:26.38 chrome
29027 coti      20   0  966m  95m  22m S   1,0  1,2   0:04.14 chrome
22163 coti      20   0  231m  46m  14m S   0,7  0,6   0:14.43 emacs
27744 coti      20   0  945m 124m  20m S   0,7  1,6   0:01.98 chrome
 1788 avahi     20   0 35928 3700 1488 S   0,3  0,0  23:25.46 avahi-daemon
 4301 coti      20   0  386m  24m  12m S   0,3  0,3   0:55.60 gnome-terminal
```

État de la mémoire vive

Commande `free` : **mémoire utilisée**

- En ko par défaut, sinon octets, Mo, Go, compatible avec les humains : options `-b`, `-m`, `-g`, `-h`

```
coti@maximum:~$ free -h
             total       used       free     shared    buffers     cached
Mem:          7,8G       7,0G       827M          0B       192M       2,7G
-/+ buffers/cache:       4,1G       3,7G
Swap:         7,4G       2,6M       7,4G
```

Utilisation de la mémoire : commande `vmstat`

- Possibilité de mesurer au cours du temps

```
coti@maximum:~$ vmstat 2 5
procs -----------memory---------- ---swap-- -----io---- -system-- ----cpu----
 r  b   swpd   free   buff  cache   si   so    bi    bo   in   cs us sy id wa
 0  1   2644 802256 196804 2802480    0    0     0     1    4    2  1  0 99  0
 0  0   2644 789608 196804 2803268    0    0     0     0 6362 9583  5  2 91  2
 0  0   2644 790072 196804 2803332    0    0     0     0 3893 6205  3  1 94  2
 0  1   2644 774516 196804 2803684    0    0     0     0 8501 12415  6  2 87  5
 1  0   2644 770200 196804 2803800    0    0     0     0 3082 5239  3  1 85 11
```

Communications

Communications inter-processus : IPC V5, listées avec la commande `ipcs`

```
coti@maximum:~$ ipcs
------ Segment de mémoire partagée --------
clé        shmid      propriétaire perms      octets     nattch     états
0x00000000 0          coti       600        393216     2          dest
0x00000000 32769      coti       600        393216     2          dest
0x00000000 342130690  coti       777        2050328    2          dest
0x00000000 273055747  coti       777        561600     2          dest
[...]
------ Tableaux de sémaphores --------
clé        semid      propriétaire perms      nsems
------ Queues de messages --------
clé        msqid      propriétaire perms      octets utilisés messages
```

Fichiers ouverts

Fichiers ouverts : `lsof`

- Sous Unix tout est fichier : sockets IP avec l'option `-i`

```
coti@maximum:~$ lsof -i
COMMAND     PID USER   FD   TYPE  DEVICE SIZE/OFF NODE NAME
icedove-b  3160 coti   56u  IPv4 1816971      0t0  TCP maximum:45516->wg-in-f109.1e100.net:imaps (ESTABLIS
icedove-b  3160 coti   58u  IPv4   18438      0t0  TCP maximum:55337->mail.iutv.univ-paris13.fr:imaps (EST
icedove-b  3160 coti   59u  IPv4 2022424      0t0  TCP maximum:56597->mail:imaps (ESTABLISHED)
icedove-b  3160 coti   69u  IPv4 2022443      0t0  TCP maximum:32872->mail.iutv.univ-paris13.fr:imaps (EST
icedove-b  3160 coti   76u  IPv4 2496423      0t0  TCP maximum:32953->par08s09-in-f19.1e100.net:http (ESTA
icedove-b  3160 coti   79u  IPv4 1162259      0t0  TCP maximum:59881->mail:imaps (ESTABLISHED)
```

- Passage du chemin vers un répertoire : fichiers se trouvant dans ce répertoire et ses sous-répertoires

```
coti@maximum:~$ lsof /

COMMAND     PID USER   FD   TYPE DEVICE SIZE/OFF    NODE NAME
bash       1746 coti  rtd    DIR    8,1     4096       2 /
bash       1746 coti  txt    REG    8,1   975488 5373975 /bin/bash
bash       1746 coti  mem    REG    8,1    47616 4769217 /lib/x86_64-linux-gnu/libnss_files-2.13.so
bash       1746 coti  mem    REG    8,1    43552 4769213 /lib/x86_64-linux-gnu/libnss_nis-2.13.so
bash       1746 coti  mem    REG    8,1    89056 4769211 /lib/x86_64-linux-gnu/libnsl-2.13.so
```

Communications réseau

Sockets ouvertes : commande `netstat`

- Possibilité de préciser le protocole : `-u` pour UDP, `-t` pour TCP
- Donne le PID et le nom du programme utilisant la socket
- Port local, adresse et port distants
- État de la socket

```
coti@maximum:~$ netstat -lapute
Connexions Internet actives (serveurs et établies)
Proto Recv-Q Send-Q Adresse locale          Adresse distante        Etat        User       Inode      PI
tcp        0      0 *:sunrpc                *:*                     LISTEN      root       3906       -
tcp        0      0 *:ssh                   *:*                     LISTEN      root       7730       -
tcp        0      0 localhost:ipp           *:*                     LISTEN      root       1861089    -
tcp        0      0 localhost:smtp          *:*                     LISTEN      root       6142       -
tcp        0      0 *:841                   *:*                     LISTEN      root       10374      -
tcp        0      0 *:33388                 *:*                     LISTEN      root       10711      -
tcp        0      0 *:42989                 *:*                     LISTEN      statd      3925       -
tcp        0      0 maximum:41813           wg-in-f125.1e100.n:5223 ESTABLISHED coti       1874088    27
tcp        0      0 maximum:54638           magi.univ-paris13.:2822 ESTABLISHED coti       2025047    31
tcp        0      0 maximum:36752           we-in-f109.1e100.:imaps ESTABLISHED coti       1872420    31
```

État des cartes réseau

État des cartes réseau : commande `ifconfig`

- Utilisé par le super-utilisateur pour configurer la carte réseau
- En lecture seule pour les autres utilisateurs
- Donne notamment le nombre de paquets erronés reçus

```
coti@maximum:~$ /sbin/ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr d4:be:d9:9c:7a:9c
          inet adr:10.10.0.217  Bcast:10.10.255.255  Masque:255.255.0.0
          adr inet6: fe80::d6be:d9ff:fe9c:7a9c/64 Scope:Lien
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:42594748 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:28853636 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 lg file transmission:1000
          RX bytes:18842740245 (17.5 GiB)  TX bytes:26078786297 (24.2 GiB)
          Interruption:20 Mémoire:e4c00000-e4c20000
```

Utilisation des disques

Espace restant sur les disques : `df` (disk free)

```
coti@maximum:~$ df
Sys. fich.                    1K-blocks      Util. Disponible Uti% Monté sur
/dev/sda1                      96120588   12105232   79132620  14% /
tmpfs                           1630668      92104    1538564   6% /tmp
/dev/sdb5                     384499764     203560  364764684   1% /home
lipn-sfa:/export4/vol04/coti 1922471424 1629569536  195246080  90% /users/coti
```

Espace utilisé par un fichier : `du` (disk used)

```
coti@maximum:~$ sudo du -sh /
```

Attention : méfiance si `du` et `df` ne donnent pas un résultat cohérent...

Statistiques d'entrée-sorties sur les disques : `iostat`

```
coti@maximum:~$ iostat
Linux 3.2.0-3-amd64 (maximum)  27/09/2012  _x86_64_ (8 CPU)

avg-cpu:  %user   %nice %system %iowait  %steal   %idle
           0,71    0,00    0,14    0,22    0,00   98,93

Device:            tps    kB_read/s    kB_wrtn/s    kB_read    kB_wrtn
sda               0,33         1,19         5,45    1463193    6703576
sdb               0,00         0,01         0,00       6456        120
```

Sondes de température

Les constructeurs placent souvent des **sondes de températures** à des endroits critiques : CPU, disques, GPU...

- Sous Linux : utilitaire `lm_sensors`

```
coti@maximum:~$ sensors
coretemp-isa-0000
Adapter: ISA adapter
Physical id 0:  +34.0 C  (high = +80.0 C, crit = +98.0 C)
Core 0:         +30.0 C  (high = +80.0 C, crit = +98.0 C)
Core 1:         +31.0 C  (high = +80.0 C, crit = +98.0 C)
Core 2:         +32.0 C  (high = +80.0 C, crit = +98.0 C)
Core 3:         +32.0 C  (high = +80.0 C, crit = +98.0 C)
```

Pseudo-système de fichiers /proc

`/proc` est un **pseudo-système de fichiers** : on y accède (en lecture seule) comme à un système de fichiers monté comme un système de fichiers, mais ça n'en est pas un.

- Utilisé par le noyau pour représenter des informations sur les processus qui tournent
- `/proc/<pid>` : répertoire relatif au processus de pid `<pid>`

Contenu :

```
coti@maximum:~$ sudo ls /proc/772
[sudo] password for coti:
attr      coredump_filter  io mountstats     pagemap      stat
autogroup   cpuset       limits net         personality  statm
auxv      cwd       loginuid ns         root      status
cgroup      environ       maps numa_maps       sched      syscall
clear_refs  exe       mem oom_adj         sessionid    task
cmdline     fd       mountinfo oom_score       smaps      wchan
comm      fdinfo       mounts oom_score_adj  stack
```

- `cmdline` : ligne de commande ayant lancé le processus
- `statm` : statistiques sur la mémoire (taille, pages partagées...)
- `fd` : sous-répertoire contenant des liens vers tous les fichiers ouverts par le programme

Plan du cours

Tâches répétitives

But : effectuer des **tâches répétitives, planifiées** :

- Sauvegarde de fichiers toutes les heures, mise à jour du système toutes les section, indexation de fichiers...

Sous Unix : outil `crontab`

- Définition dans des tables de ce qui est répété et à quel moment
- Par utilisateur ou pour le système

Utilisateurs autorisés/interdits : définis dans les fichiers `/etc/cron.allow` ou `/etc/cron.deny`

- Vistualisation de la table d'un utilisateur : `crontab -l`
- Édition de la table d'un utilisateur : `crontab -e`
- Pour tout le système : fichier `/etc/crontab`

Syntaxe de la table

Tableau contenant 6 ou 7 champs :

- Le moment auquel la tâche doit être exécutée (5 champs)
- Pour le crontab du système : l'identité sous laquelle on l'exécute
- La tâche à exécuter

Définition du moment auquel exécuter la tâche :

- 5 champs : minute, heure, jour du mois, mois, jour de la semaine
- on donne la valeur numériquement ou en 3 lettres pour les jours et les mois
- * si c'est à chaque fois, possibilité de donner une liste ou un intervalle

Exemple de ligne du crontab utilisateur :

- Minute 0, heure 7, tous les mois, du lundi au vendredi :

```
0 7 * * 1-5    echo "Debout feignasse !"
```

→ s'exécutera tous les jours 1 à 5 (lundi au vendredi) à 7 :00

Exemple de ligne du crontab système :

- Toutes les minutes, toutes les heures, tous les jours :

```
0 0 * * *    root    updatedb
```

→ s'exécutera toutes les minutes sous l'identité du super-utilisateur

Plan du cours

Qu'est-ce que le système d'exploitation ?

Ordinateur = ensemble de ressources matérielles

- Disque dur, barrettes mémoire, microprocesseur(s), périphériques...

Problème : comment les utiliser ? Comment y accéder ?

Première possibilité : y accéder directement

- Communiquer directement sur le bus système, commander le matériel des périphériques

→ Complexe ! !

Autre possibilité

- Fournir un système qui propose une **abstraction du matériel** et offre une **interface simple** aux applications pour y accéder

→ **Système d'exploitation de l'ordinateur**

Système d'exploitation : exemple des disques

Variété des systèmes de stockage

- **Diversité** des types d'interfaces matérielles (IDE, SATA, SATA-II, USB, SCSI...)
- **Diversité** des systèmes de fichiers sur ces disques (ext2/ext3/ext4, ReisefFS, Btrfs...)

Du point de vue de l'application :

- Interface **unique** !
- Fonctions **simples** comme ouvrir un fichier, écrire dedans, se déplacer dans ce fichier, le fermer...
- Les*mêmes fonctions* quel que soit le matériel et le système de fichiers utilisés

Comment réaliser cela ?

→ **Système d'exploitation de l'ordinateur**

Système d'exploitation : ordonnancement des processus

Système multi-tâches : plusieurs programmes s'exécutent en même temps

- Plus de programmes que de cœurs disponibles sur la machine !

Besoin d'arbitrer l'accès aux cœurs de la machine

- Un processus a accès à un cœur, les autres attendent (dorment)
- Au bout d'un certain temps, ce processus est mise en attente et un autre a accès au cœur
- ...

On appelle cette opération **l'ordonnancement** .

Ordonnancement des processus sur les cœurs disponibles ?

→ **Système d'exploitation de l'ordinateur**

Système d'exploitation : ordonnancement des processus

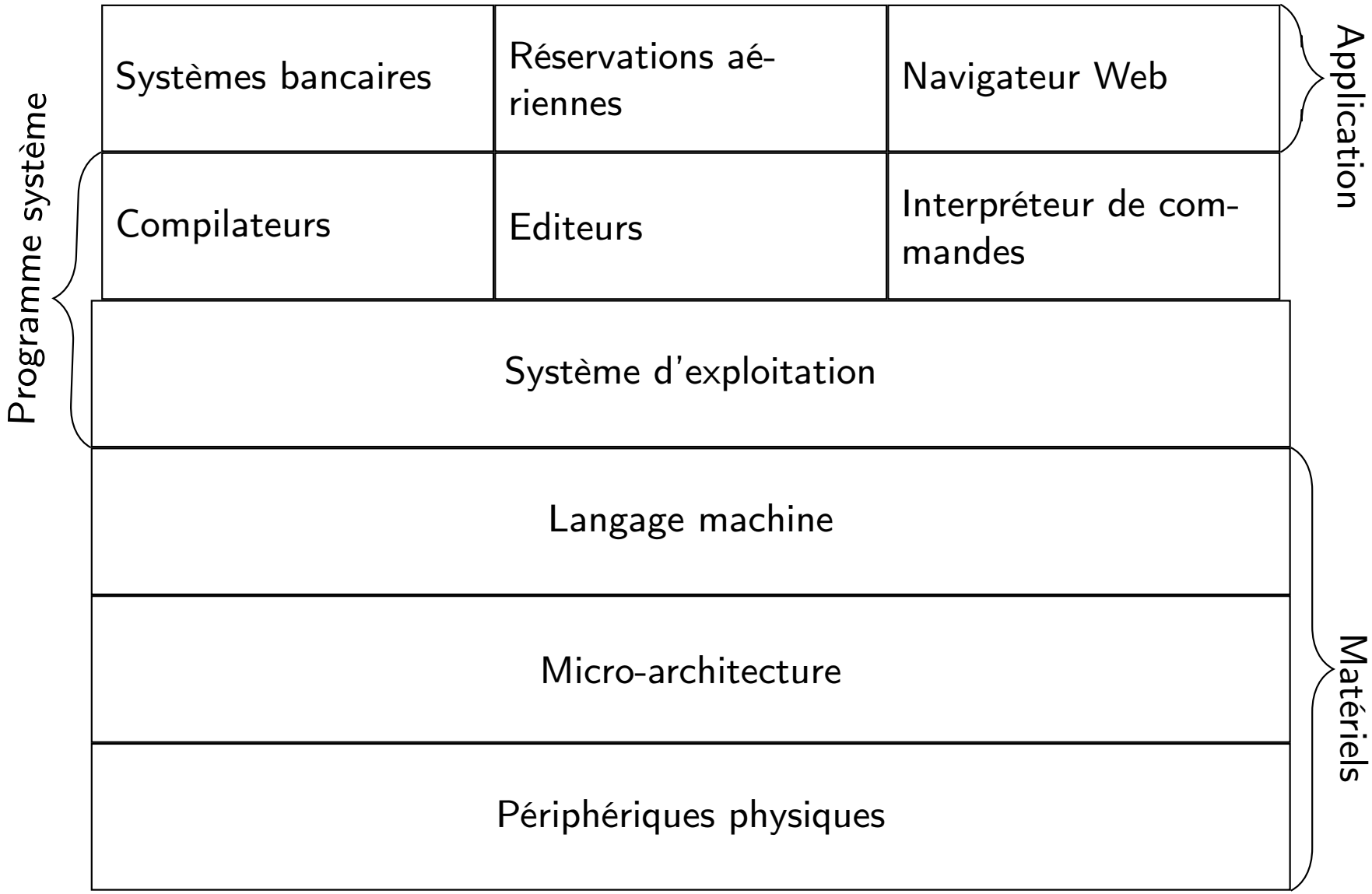
```
coti@maximum:~$ ps aux
USER       PID %CPU %MEM    VSZ   RSS TTY      STAT START   TIME COMMAN
root         1  0.0  0.0  10648   720 ?        Ss   avril11   0:18 init
root         2  0.0  0.0      0     0 ?        S    avril11   0:01 [kth
root         3  0.0  0.0      0     0 ?        S    avril11   0:36 [kso
root         6  0.0  0.0      0     0 ?        S    avril11   0:02 [mig
root         7  0.0  0.0      0     0 ?        S    avril11   0:08 [wat
root         8  0.0  0.0      0     0 ?        S    avril11   0:00
[migration/1]
[...]
coti      4068  0.0  0.0  14264  5016 tty1     S+   avril11   0:00 -bas
coti      4484  1.8  7.4 2001652 608644 ?     Rl   avril11 1036:01 ice
[...]
```

Rôle du système d'exploitation

Définition

Le rôle du système d'exploitation est d'*orchestrer l'accès aux ressources matérielles* des programmes d'exécutant sur la machine. Notamment, il gère l'accès à la mémoire, l'exécution des processus, l'accès aux périphériques via des drivers...

Architecture logicielle du système



Tanenbaum : Systèmes d'Exploitation

Système d'exploitation : le noyau

Le **noyau** est situé *au cœur* du système d'exploitation

- Il effectue les **tâches fondamentales** : gestion de la mémoire, ordonnancement
- Quelques autres fonctionnalités pour des raisons de performances : piles protocolaires réseaux, systèmes de fichiers

Exemple :

- Allocation mémoire dans un programme C : `malloc`
- Fonction de bibliothèque (`libc`), utilsant des fonctions (plus simples) du noyau
- Le noyau conserve une vision globale de la mémoire, ce qui a été alloué et à qui
- Il alloue de la mémoire au processus qui lui a demandé
- Un processus n'a pas le droit d'accéder à de la mémoire qui ne lui appartient pas (segmentation fault)

Espace noyau vs espace utilisateur

Le noyau a accès à **toutes les ressources** matérielles de l'ordinateur

- Toute la mémoire, périphériques...

Les programmes n'ont accès qu'à ce dont ils ont besoin

- en cas de besoin : appels au noyau (`malloc`...) ou aux pilotes matériels

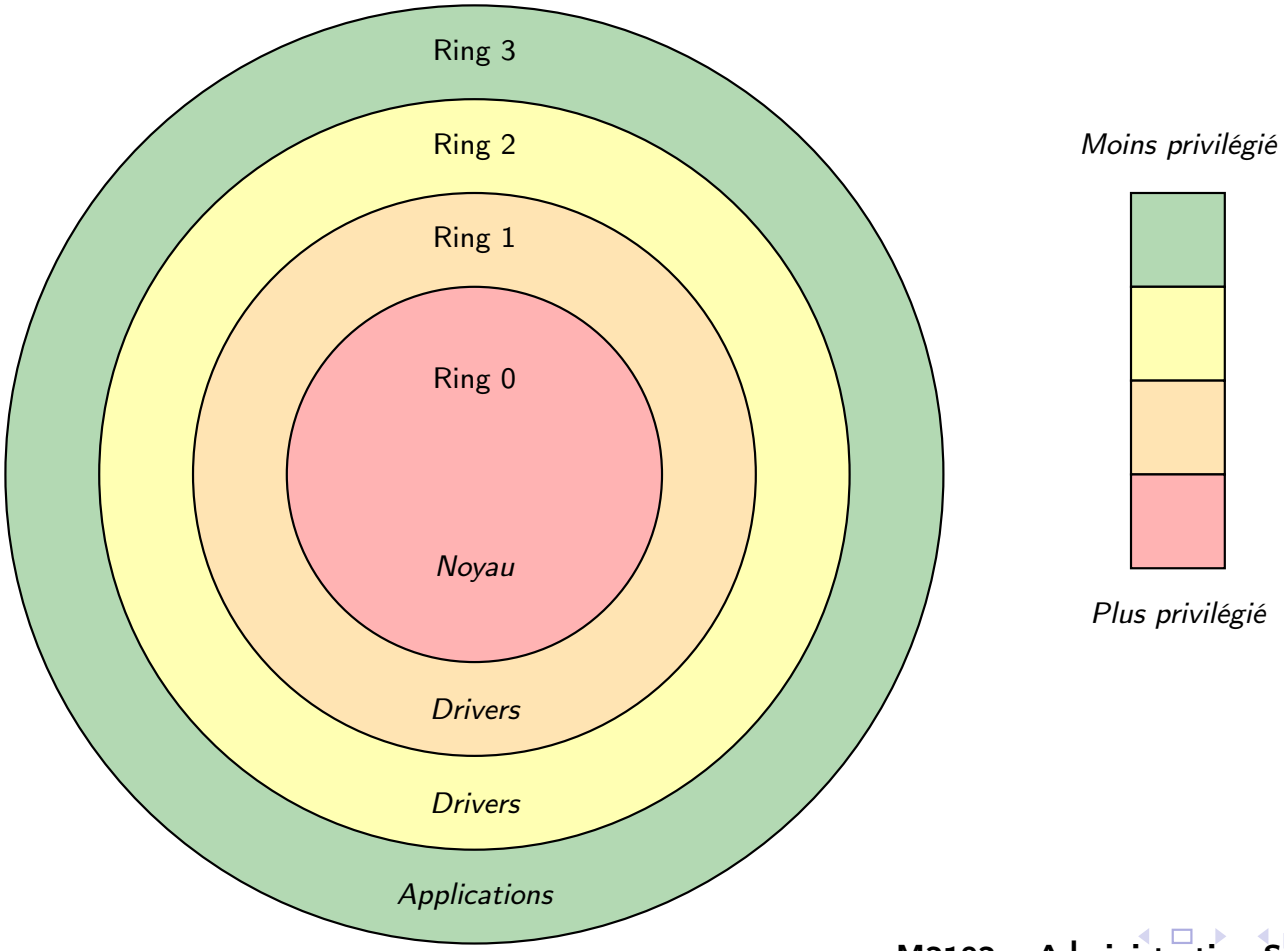
Concept de protection :

- Le noyau s'exécute **en espace noyau**
- Les applications s'exécutent **en espace utilisateur**

Rings de protection

Espace noyau, espace utilisateur

- En réalité : 4 **niveaux de protection** : les **anneaux de protection** (protection rings)
- Espace noyau = ring 0 ; espace utilisateur = ring 3
- Rings 1 et 2 (rings intermédiaires) : pilotes



Le noyau du système

Le caractère central du noyau et son rôle de "chef d'orchestre" ont deux conséquences fondamentales :

- Le noyau est le **premier programme lancé** au démarrage de la machine
- **Un seul noyau** est exécuté en espace noyau

Plan du cours

Plan du cours

Pourquoi virtualiser

Pourquoi utiliser des machines virtuelles ?

- **Exploitation des ressources matérielles**
  - Machines puissantes
  - Plusieurs serveurs par machine
- **Isolation des services**
  - Un service ↔ une machine virtuelles
  - En cas de corruption : confinement, non-contamination
- **Migration et sauvegarde**
  - En cas de problème : migration de la machine avant la panne
  - Sauvegarde des machines virtuelles, redémarrage autre part

Système invité / système hôte

Principe de base : **un seul système en espace noyau** : c'est le **système hôte** .

- Orchestre l'accès aux ressources de la machine

Systèmes virtualisés exécutés sur la machine : **systèmes invités**

- Tournent en **espace utilisateur**
- Considérés par l'ordonnanceur comme des processus comme les autres

Types de systèmes de virtualisation

Émulation : on fait passer une architecture matérielle pour une autre

- Exemple : exécuter un système pour SPARC sur un x86

Principe :

- On a un binaire exécutant un certain jeu d'instructions
- On a une architecture disposant d'un autre jeu d'instructions

L'émulateur **traduit** les instructions du binaire vers celles de l'architecture cible

Virtualisation : on exécute plusieurs machines sur une machine physique hôte.

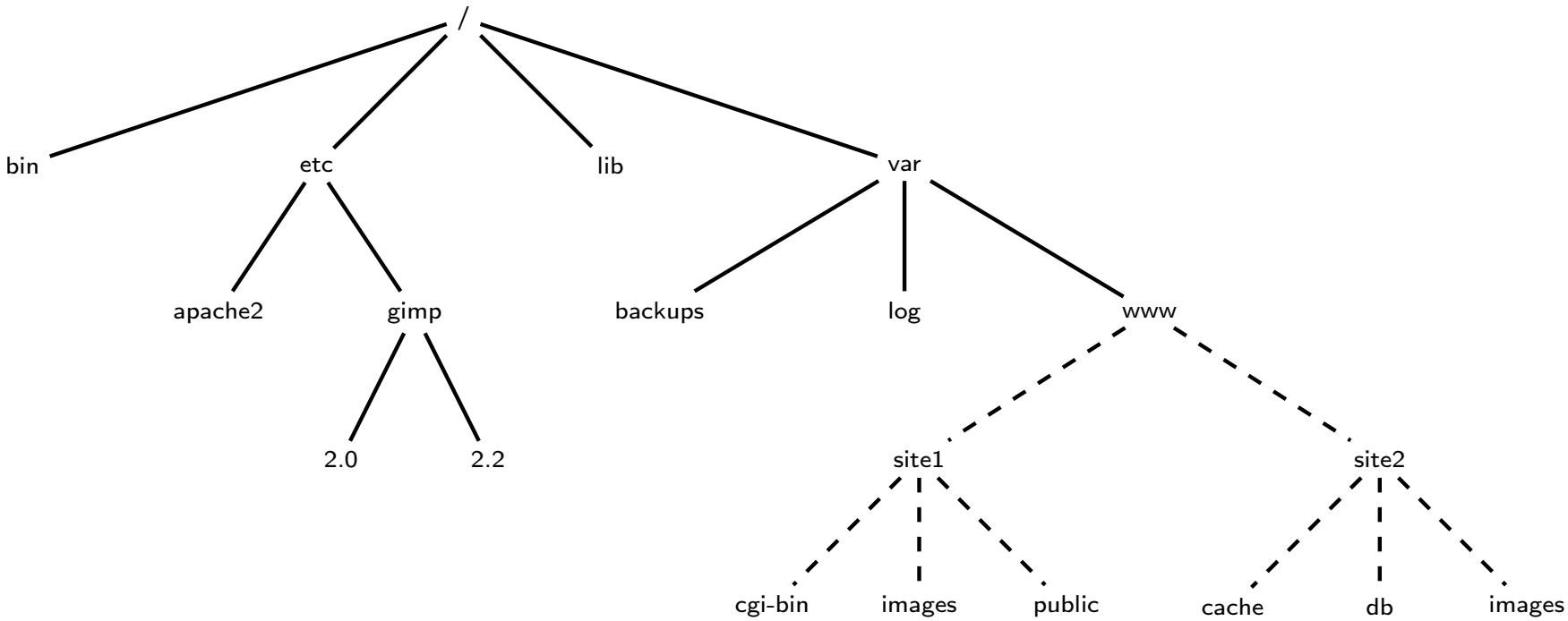
Quatre grandes familles d'outils de virtualisation :

- Les **isolateurs**
- Les **noyaux en espace utilisateur**
- Les **machines virtuelles**
- Les **para-virtualiseurs**

Confinement disque

Outil `chroot` (change root)

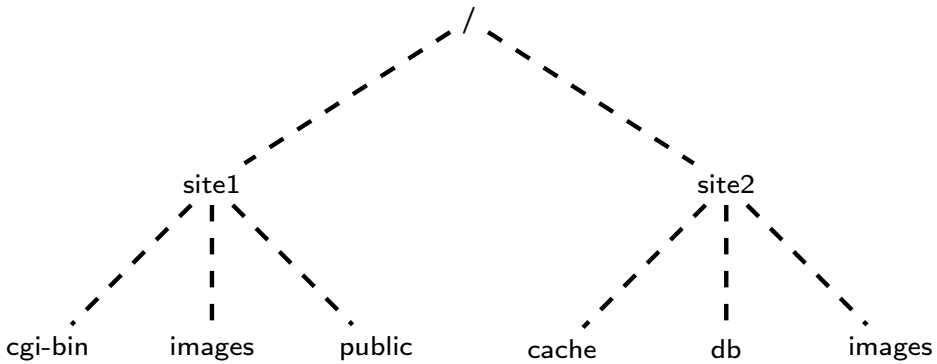
- Pour un processus, on déplace ce qu'il voit comme la racine de l'arborescence de fichiers



Confinement disque

Outil `chroot` (change root)

- Pour un processus, on déplace ce qu'il voit comme la racine de l'arborescence de fichiers



Plan du cours

Confinement disque

On exécute le programme `/bin/bash` dans un espace confiné à `/var/www` :

```
coti@maximum:~$ pwd
/users/coti
coti@maximum:~$ sudo chroot /var/www /bin/bash
bash-4.2# pwd
/
bash-4.2# cd ..
bash-4.2# pwd
/
bash-4.2#
```

Intérêt : le processus exécuté n'a **accès qu'à une sous-arborescence de fichiers**

- Serveurs HTTP, FTP...

Plan du cours

Noyau en espace utilisateur

Principe : exécuter un noyau comme n'importe quel programme

- Outil : **User-Mode Linux** (UML)

Le noyau est compilé de façon particulière (options de compilation)

- Se lance comme un exécutable
- Prend en paramètres les systèmes de fichiers fournis

```
root@maximum:/tempo# ./linux-3.11.0-uml ubda=disk.img ubdb=swap.img \
       root=/dev/ubda mem=256M
```

Avantages :

- Simple, intégré au noyau Linux, bonne isolation

Inconvénients :

- Performances médiocres (conçu pour du débuggage)

Plan du cours

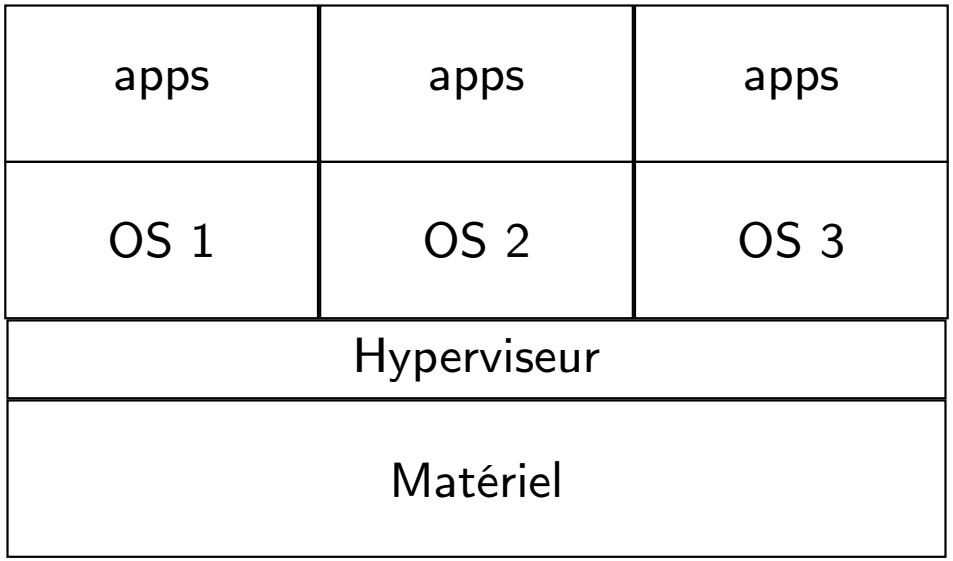
Paravirtualisation

Noyaux invités contrôlés par un **hyperviseur**

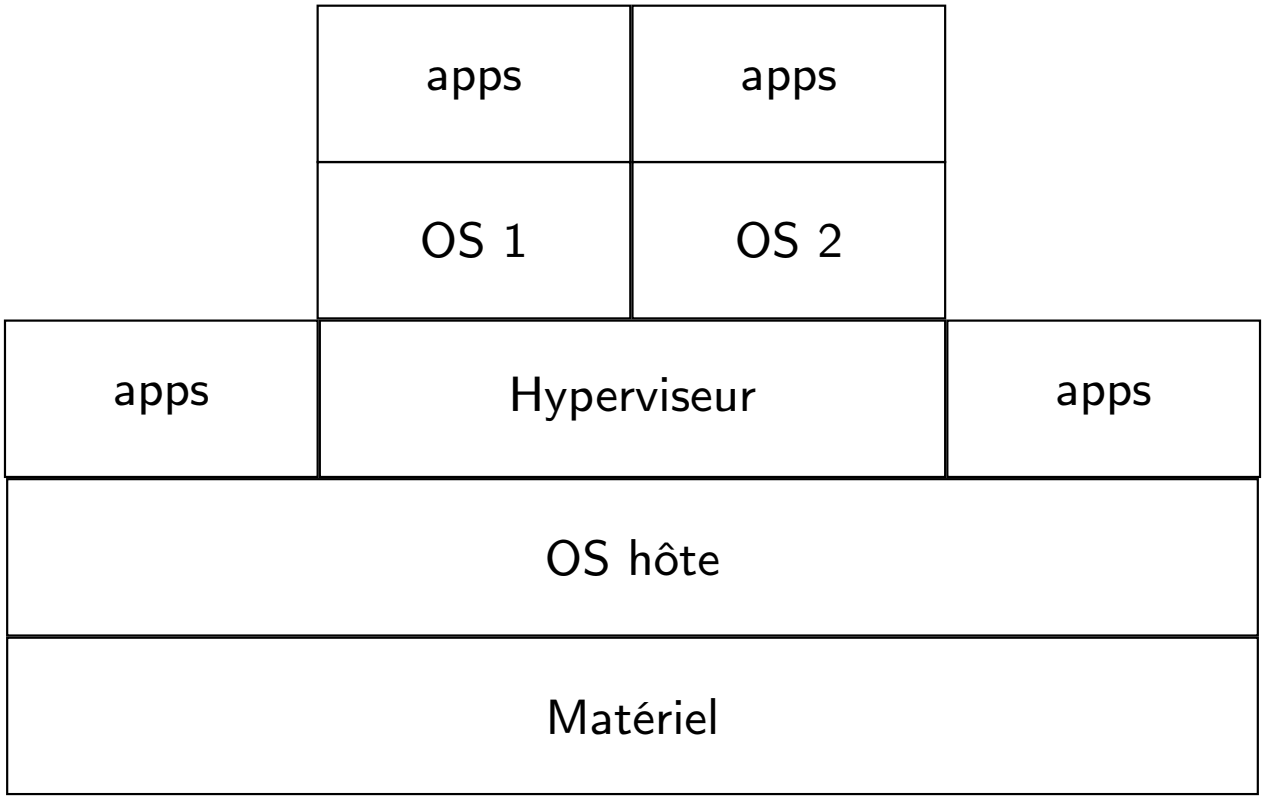
Deux types d'hyperviseurs :

- Hyperviseur de **type I** , ou natif, ou bare metal
  - Exécuté directement sur le matériel de la machine
  - Fine couche logicielle située entre le matériel et le système
  - Tous les noyaux s'exécutant dessus sont des noyaux invités.
  - Exemples : Xen, KVM (intégré au noyau Linux)
- Hyperviseur de **type II** , ou hébergé
  - Se situe entre le système d'exploitation hôte et les systèmes invités
  - Exemples : VirtualBox, QEMU et VMware Workstation

Hyperviseur de type I



Hyperviseur de type II



Noyaux exécutés par l'hyperviseur

Les noyaux exécutés par l'hyperviseur tournent en **espace utilisateur**

- Soit dans le ring 3
- Soit dans les rings intermédiaires (1 ou 2)

Les noyaux invités n'ont donc **pas accès à toutes les ressources** matérielles

- Certains appels doivent être remplacés par des appels à des fonctions de l'hyperviseur
- Les systèmes invités doivent donc être modifiés

Plan du cours

Plan du cours

Principe du cloud computing

Principe de base : l' **externalisation**

- Les ressources ne sont pas chez soi (dans une entreprise, chez un particulier...) mais chez un **prestataire de service**

Différents types de cloud :

- Cloud de stockage : Dropbox, Google Drive...
- Cloud applicatif : Google Docs, SlapOS...

Caractéristiques :

- Accès via le réseau (Internet)
- Transparence : localisation, mobilité, accès
- Généralement, accès via le navigateur Web
- Souplesse ! Externalisé = on loue des ressources, modifications rapides (augmentation de la capacité, etc)

Plan du cours

Modèle économique

On loue des ressources, un service

- Définition de façon contractuelle des ressources : capacité, nombre de cœurs, fiabilité...

Définition d'un **Service Level Agreement** (SLA)

- Si le SLA n'est pas respecté : pénalités pour le prestataire de service

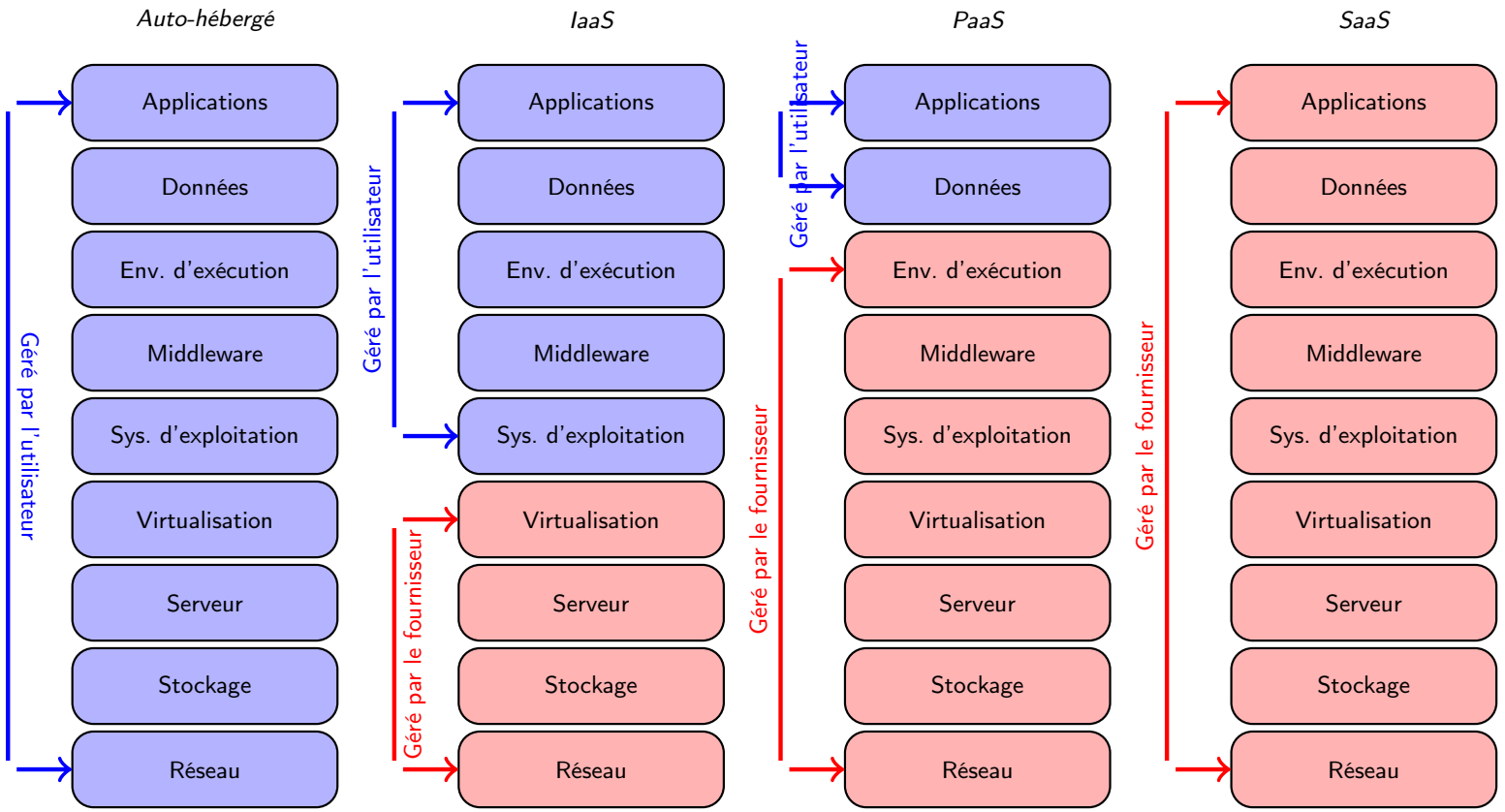
Plan du cours

Types de cloud

Le niveau de service dépend du type de cloud.

- Cas extrême (non cloud) : **machine auto-hébergée** . L'utilisateur s'occupe de tout.
- **Infrastructure as a Service** : le prestataire fournit l'*infrastructure matérielle*, le client exécute son propre système sur un système de virtualisation. Exemple : Amazon EC2
- **Platform as a Service** : le prestataire fournit l'*environnement d'exécution*, le client exécute son application et stocke ses données sur le cloud. Exemple : hébergement Web.
- **Service as a Service** : le prestataire fournit un *service* préinstallé : blog, application... Le client ne fait que l'exécuter. Exemple : Google Docs, interface Gmail...

Types de cloud



Évolution

Terminaux de plus en plus légers : tablettes, smartphones...

- Moins puissants, peu de capacités de stockage
- Accès au réseau !

Services performants, latence réseau faible, connexions permanentes

- Utilisation de plus en plus important de services distants
- Externalisation des applications, du stockage

On se dirige de plus en plus vers des **clients légers** et des applications distantes, centralisées

→ Retour aux mainframes !

- Le terminal ne fait que de l'affichage

Plan du cours