EPU - Informatique ROB4
Informatique Système
Processus, création de processus avec fork() et primitives de recouvrement

Sovannara Hak, Serena Ivaldi
hak@isir.upmc.fr

Université Pierre et Marie Curie
Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (CNRS UMR 7222)

2014-2015

Plan de ce cours

Rappel du plan

Règles de fonctionnement

- Les cours et les TPs sont obligatoires.
- Tout(e) étudiant(e) arrivant en retard pourra se voir refuser l'accès à la salle de cours ou à la salle de TP.
- La fonction `man` du shell doit, tant que faire se peut, être utilisée avant de poser une question par email ou en TP.

Site web de l'UE

Tout se trouve sur les sites web de l'UE - Sakai

Bibliographie pour ce cours

- A. Tannenbaum & A. Woodhull, Operating Systems : design and implementation

Rappel du plan

Distinctions à faire

- **Code exécutable** : instructions machine compréhensibles par le processeur
- **Code source** : instructions dans un langage de programmation (C, C++, ...) compréhensibles par un humain
- **Programme exécutable** : fichier contenant du code exécutable
- **Programme source** : fichier contenant du code source
- **Processus** : programme exécutable en cours d'exécution

Définition

- Chaque programme (fichier exécutable ou script) en cours d'exécution dans les système (OS) correspond à un (et parfois plusieurs) **processus** du système.
- Un **processus** représente l'image de l'état du processeur et de la mémoire au cours de l'exécution d'un programme : le programme est statique et le processus représente la dynamique de son exécution.

Processus = programme en cours d'exécution

- Code exécutable, ressources (fichiers I/O), espace d'adressage...
- Un ou plusieurs threads
- Peut communiquer via des pipes, signaux, réseau, fichiers

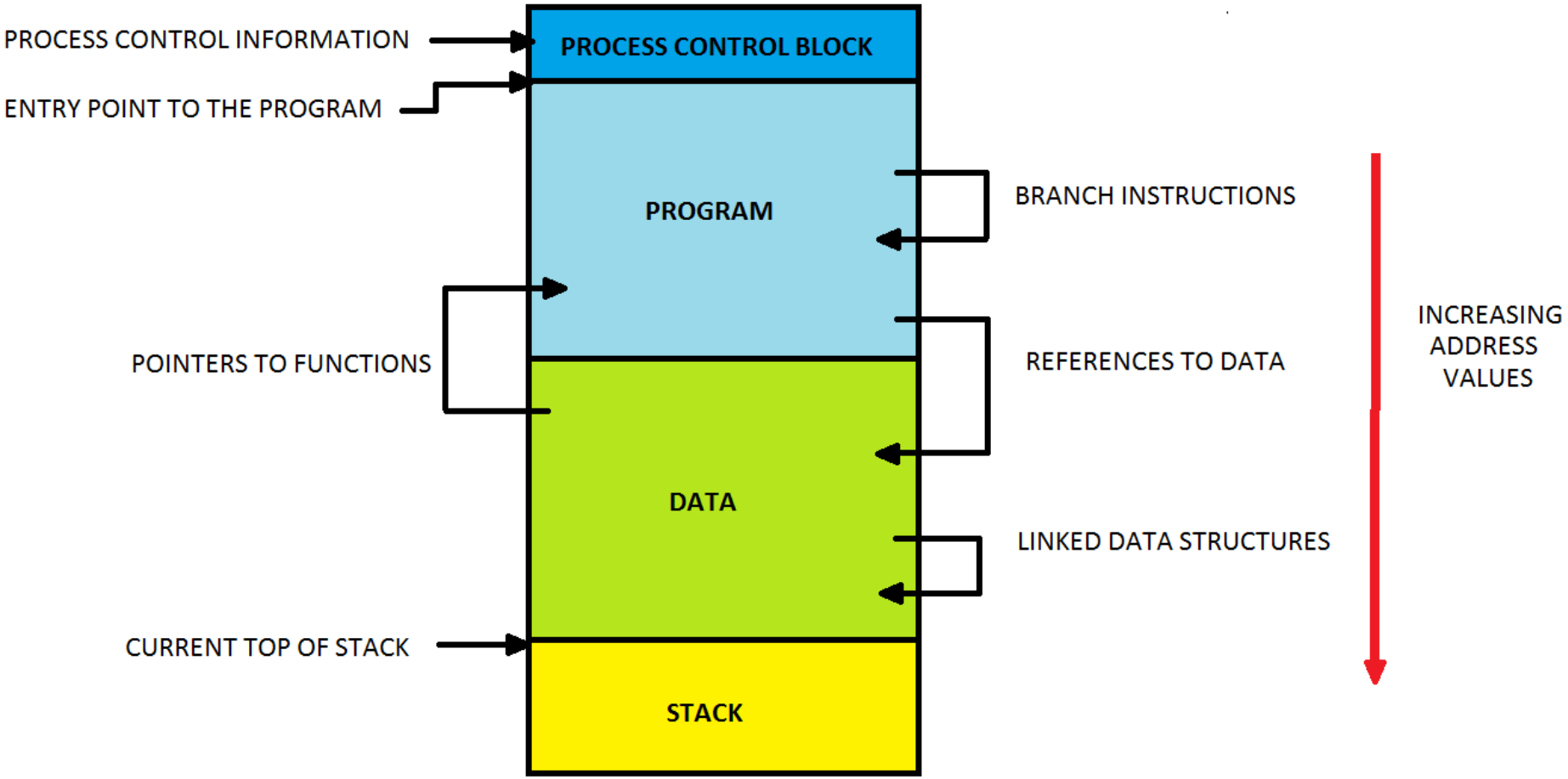
Descripteur de processus

- Chaque processus a son propre descripteur, qui est utilisé pour garder un suivi du processus en mémoire
- Enregistre PID, état, processus parent, enfant, espace d'adressage, fichiers ouverts...
- Les informations de processus sont stockées dans une tableau de descripteur de processus : Process Table

OS - Interaction de processus

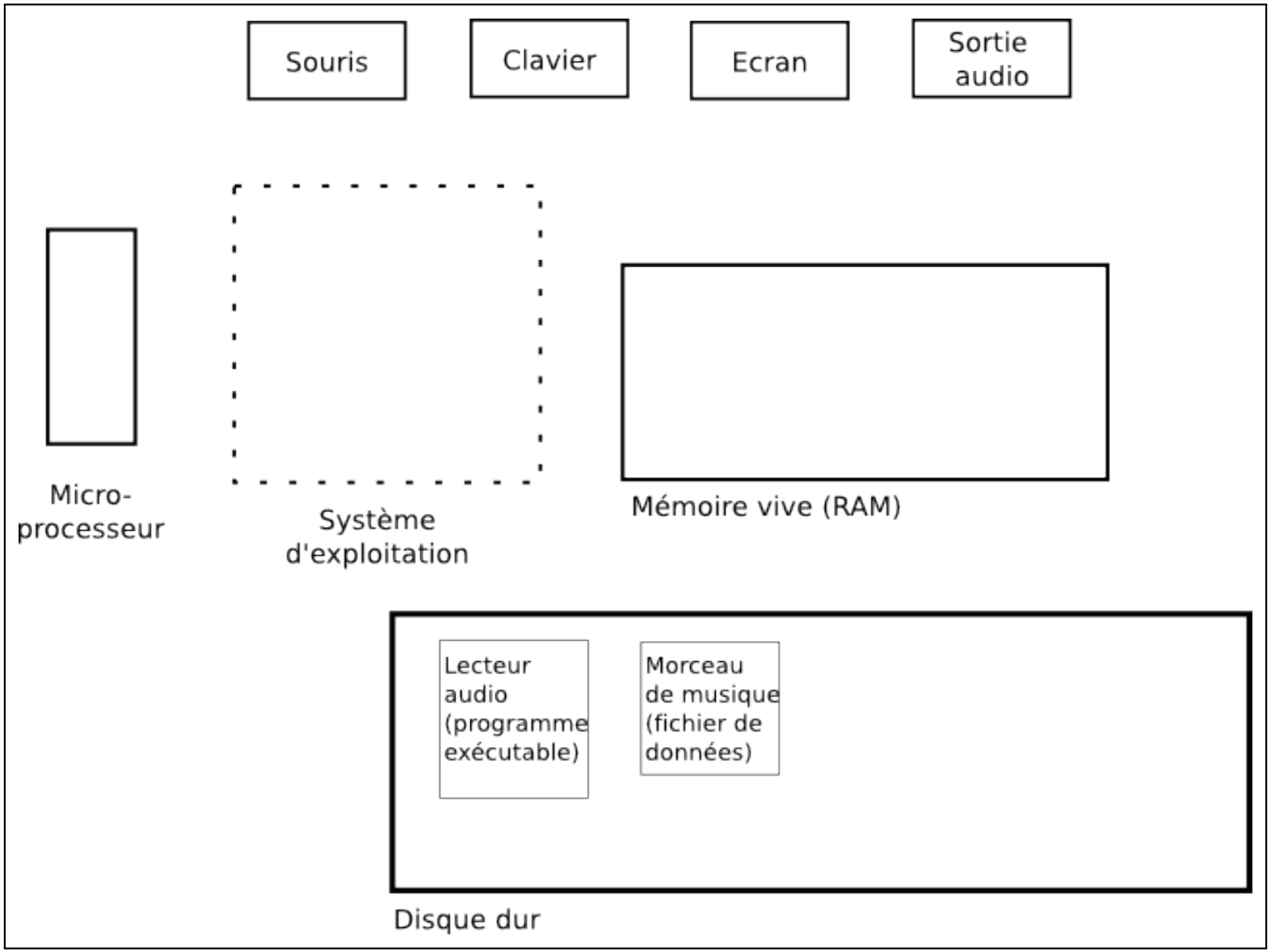
- le processus interagit avec l'OS via des **appels système**, qui sont des instructions spéciales que fournit l'OS pour réaliser des opérations "privilégiées"
  - code peut être exécuté en user mode ou kernel mode
  - appels système peuvent être des manipulations du système de fichiers, contrôle des processus (kill, wait, stop), etc.
- l'OS interagit avec tout les processus en les **ordonnançant** (scheduling) et gère le cycle de vie de chacun (création, exécution, mise à mort)
  - maximisant l'utilisation du CPU en fournissant des temps de réponse raisonnables
  - c'est important : pour pouvoir faire la distinction entre le temps réel soft et hard

↦ Un processus en mémoire

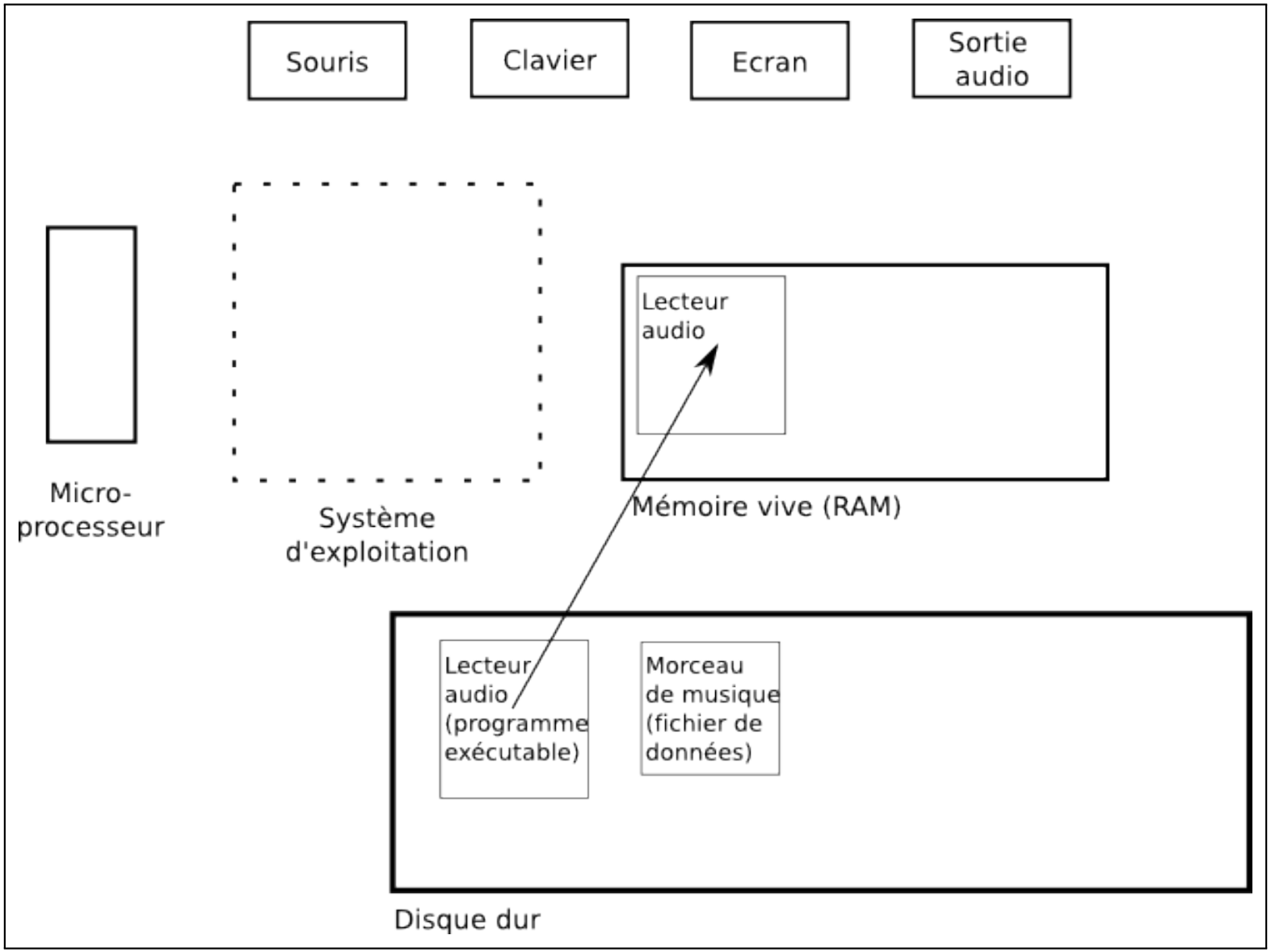


Rappel du plan

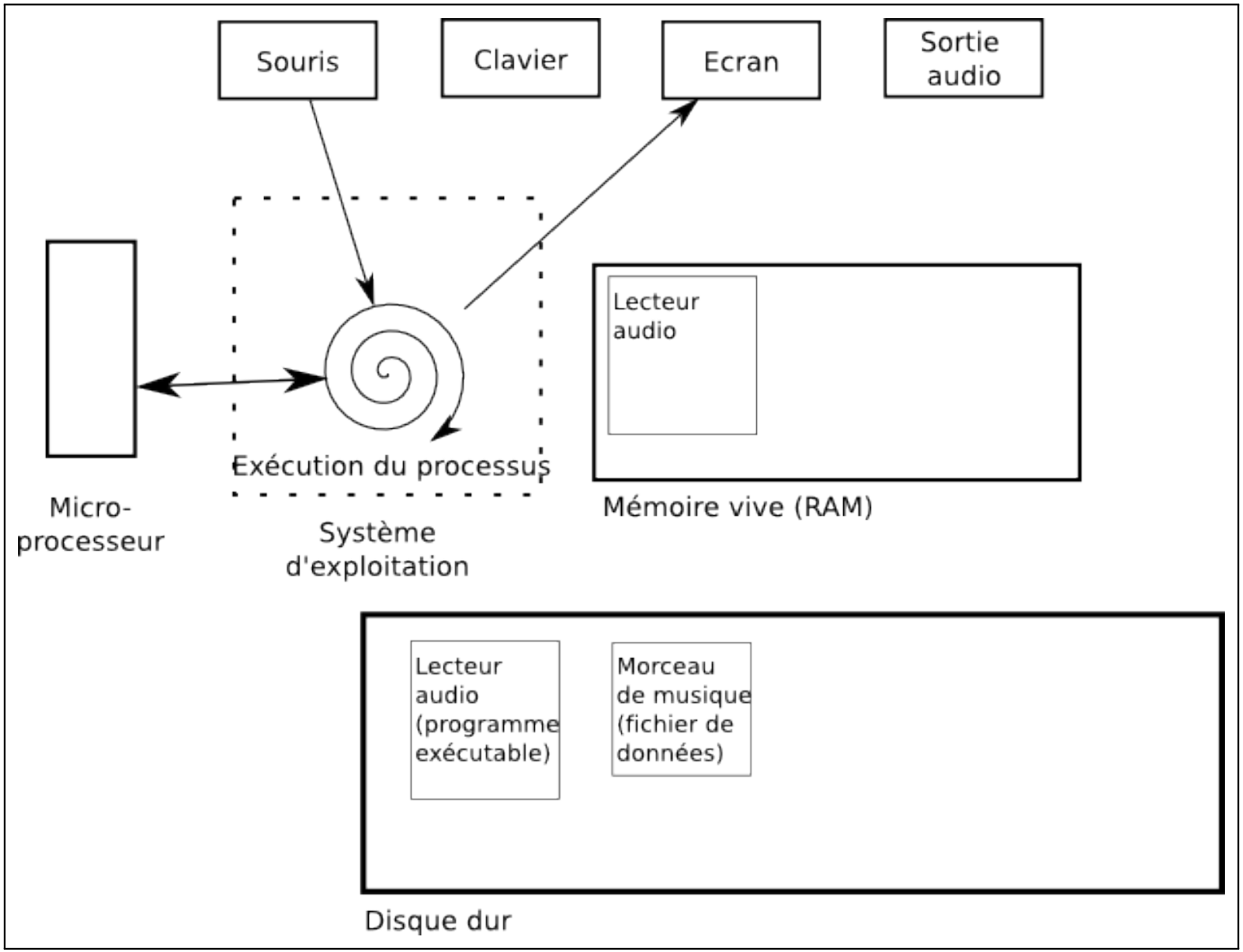
(1) Lecture d'un fichier audio



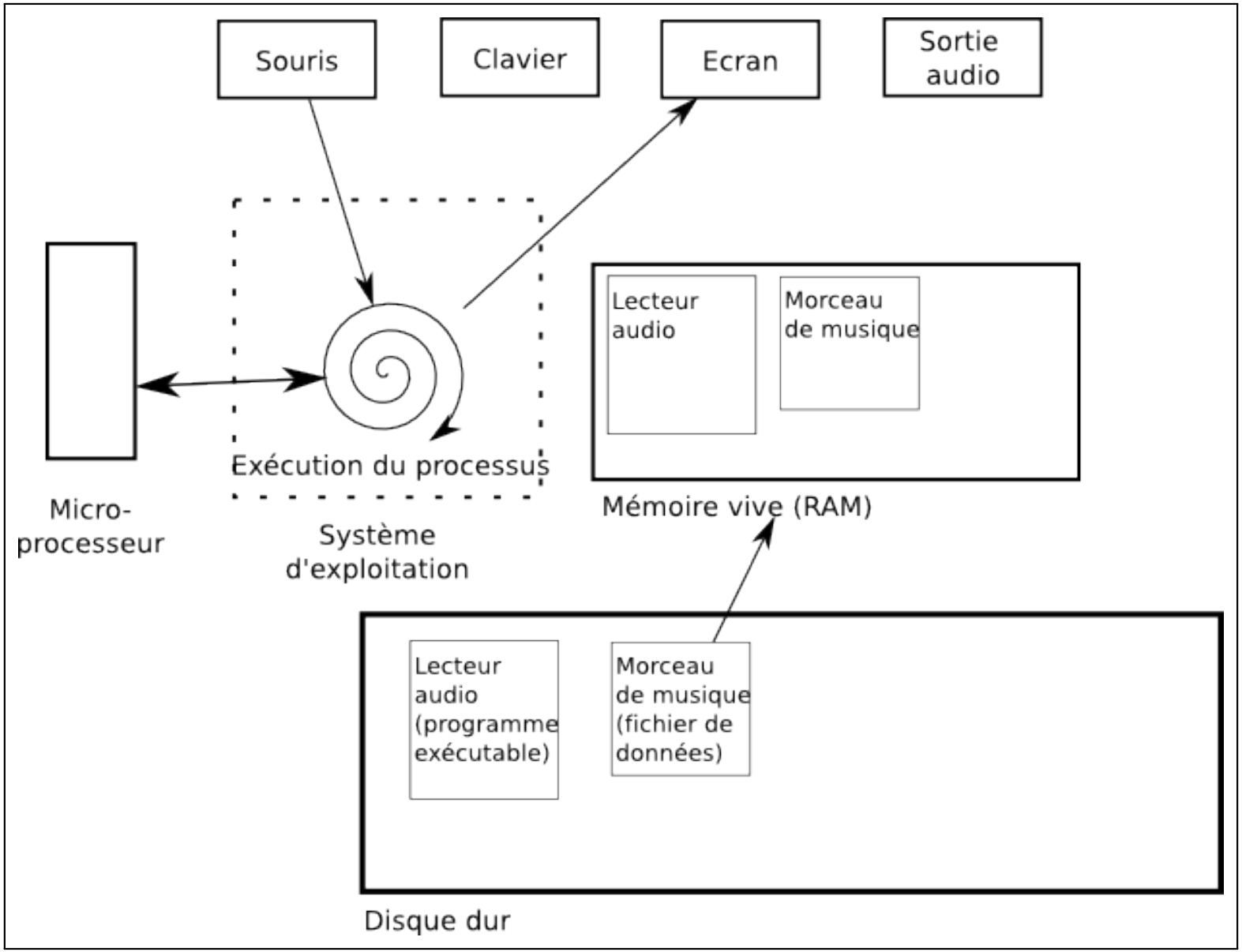
(2) Chargement du programme en mémoire



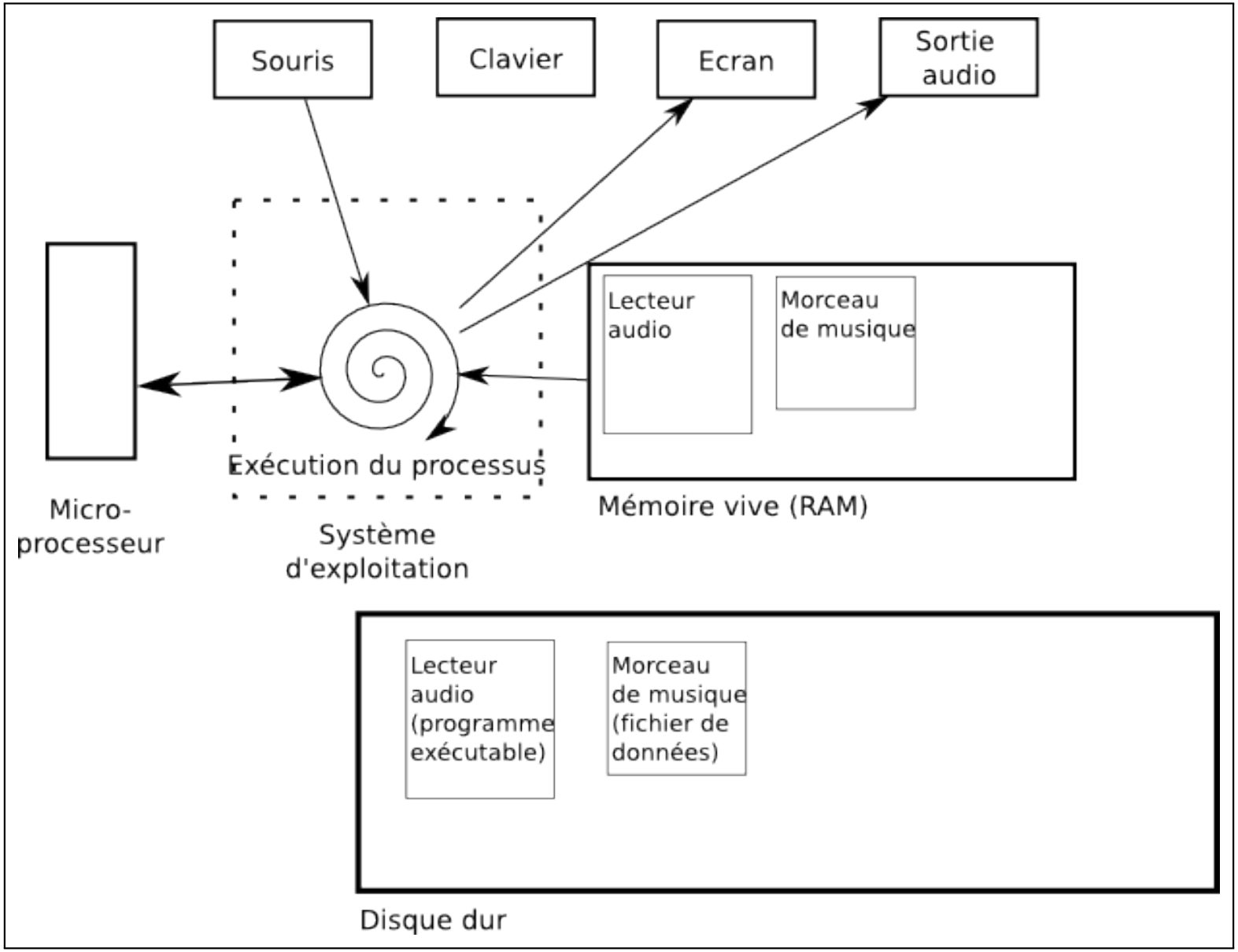
(3) Naissance du processus



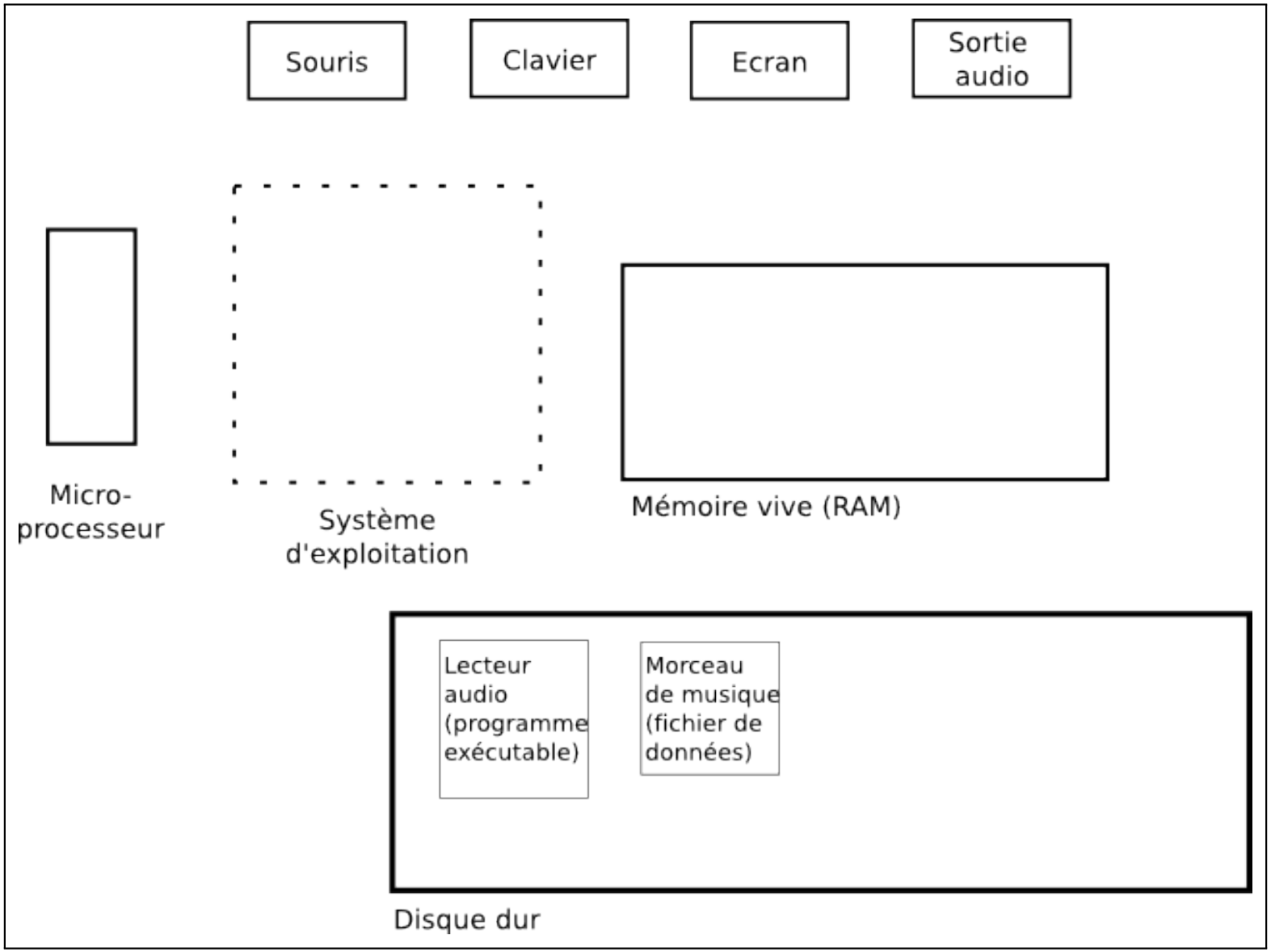
(4) Chargement du fichier audio en mémoire



(5) Lecture du fichier audio



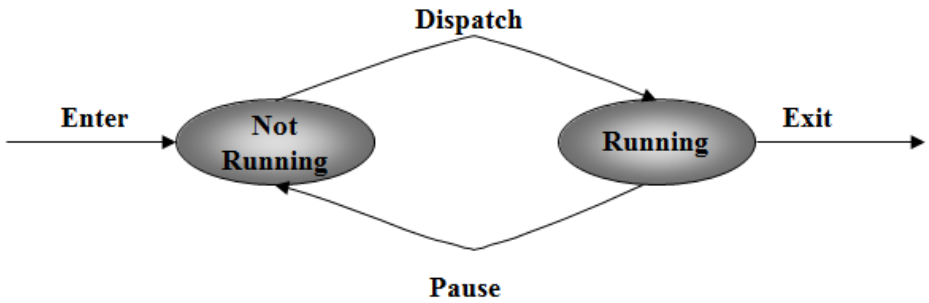
(6) Mort du processus



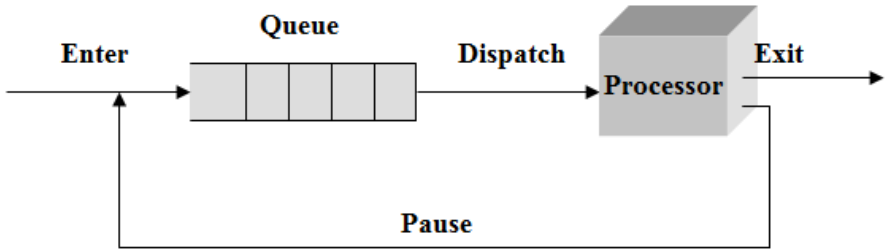
Rappel du plan

Scheduler vs dispatcher

- Scheduling et dispatching sont habituellement exécuté au sein de la même routine. Ils empêchent qu'un seul processus monopolise tout le temps processeur
- **Scheduler** décide quel doit être le prochain processus à être exécuted par le CPU (ordre/séquence des processus)
- **Dispatcher** gère la **commutation de processus** en effectuant des changements de contexte : sauvegarde/restauration du contexte d'exécution du précédent processus (Program Control Block - PCB, contient PID...)



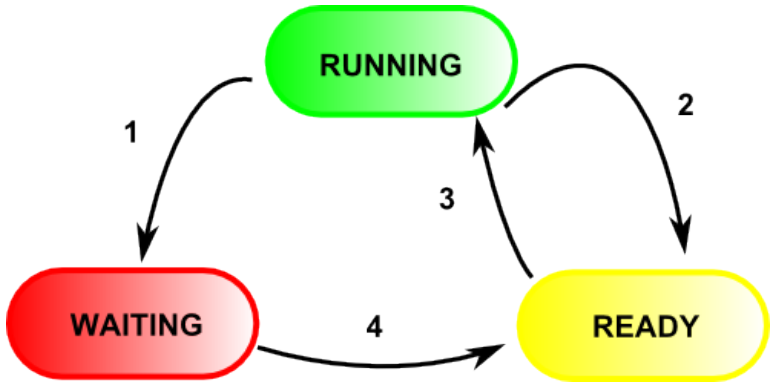
(a) State transition diagram



(a) Queuing diagram

Modèle à trois états (Tanenbaum & Woodhull)

- Running : exécution, processus utilise CPU
- Ready : processus peut être exécuté mais attend temporairement d'être assigné à un CPU
- Waiting : processus ne peut être exécuté ; il est soit bloqué car il attend un évènement externe (I/O, interruption d'un autre processus. . .)



- **Transitions**
  1. processus est bloqué car il attend un évènement ou une interruption
  2. scheduler assigne un CPU à un autre processus
  3. scheduler assigne un CPU au processus
  4. un évènement externe débloque le processus

Modèle de processus Unix

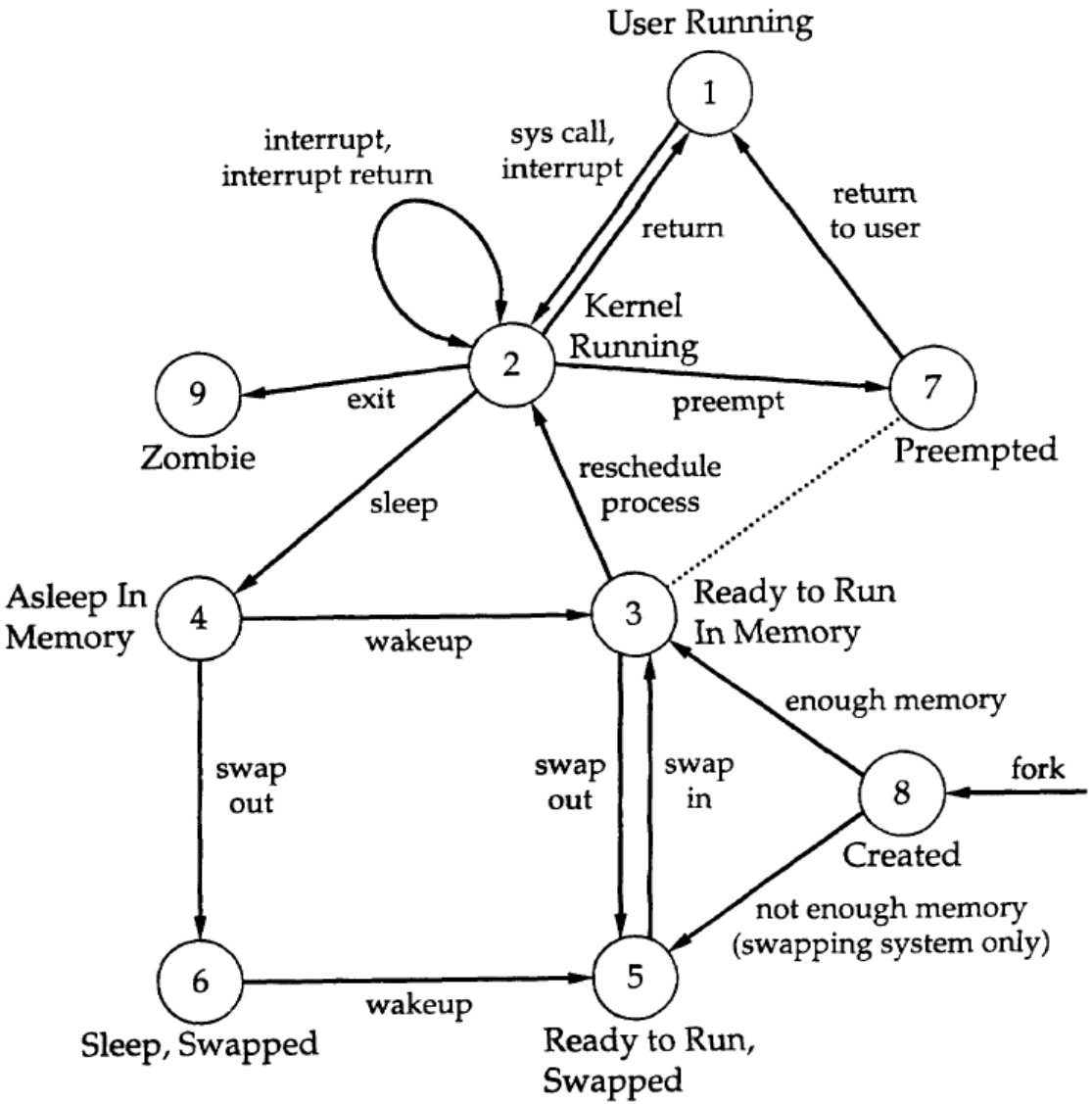
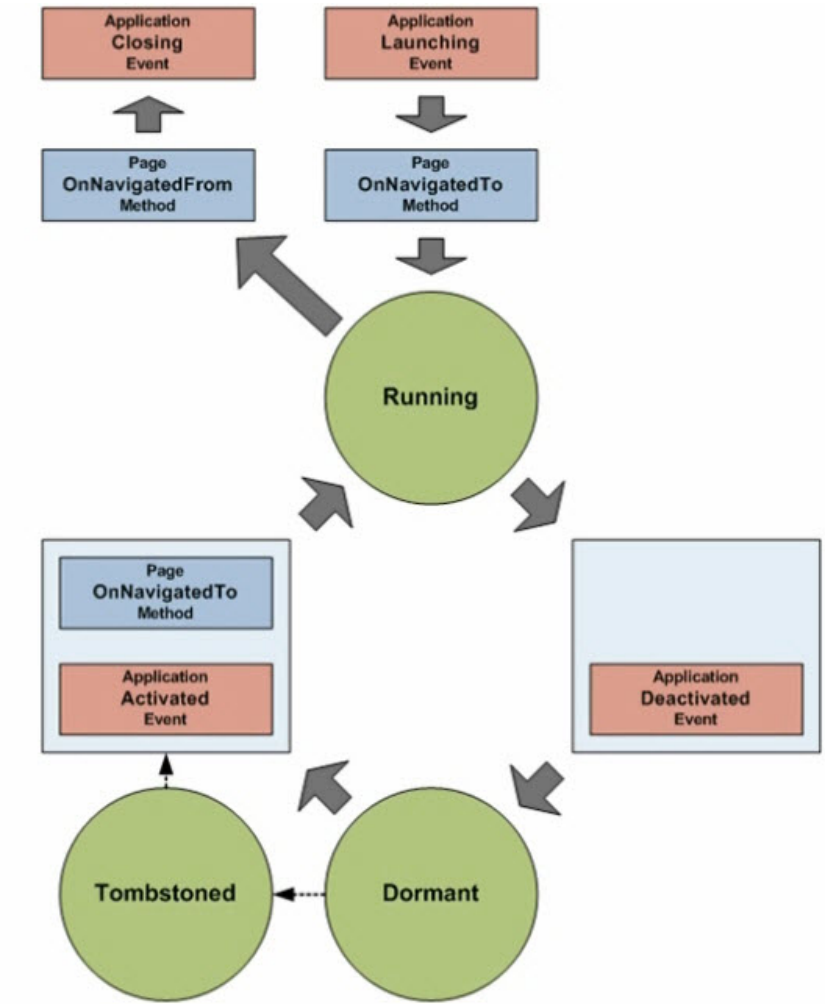


FIGURE 3.16 UNIX process state transition diagram

Figure from *Operating Systems*, 2nd edition, Stallings, Prentice Hall, 1995

↦Le cycle de vie du processus peut être changé et adapté à un nouvel OS : le cas des smartphones

- Multitâche classique : Win Mobile 6.5, Android
  - Applications sont en permanence en cours d'exécution, et donc continuellement ordonnées, même s'ils ne sont pas utilisées. Elles peuvent seulement être tuées.
- Paradigme Fast App Switching (FAS) : Win 7 Mango
  - Introduit l'état *dormant* : actif mais pas en cours d'exécution - le processus est vivant mais n'a pas les ressources que les processus en cours d'exécution (garantie restauration rapide lors des commutations d'applications)
  - et *tombstoned* : suspendu et supprimé des processus en cours d'exécution - statut proche de l'hibernation



↦ **Nous allons considérer le modèle de processus suivant**

Les trois états d'un processus

- **Elu** : état d'exécution du processus, le CPU lui est dédié
- **Bloqué** : état d'attente d'une ressource (indisponible) du processus
- **Prêt** : état d'attente du processeur par le processus (par exemple : le processus a obtenu la main sur la ressource attendue mais le processeur ne lui est plus dédié)

quatrième état

- Certains OS (dont Linux) permettent aux processus de créer eux mêmes des processus
- On parle alors de **processus père** et de **processus fils**
- Cela induit l'existence d'un quatrième état :
  ↪ **Zombie** : le processus a terminé son exécution mais est toujours existant car son père n'a pas (encore) pris en compte sa terminaison

Rappel du plan

Les attributs principaux d'un processus

- **PID** : l'identifiant numérique propre au processus
- **PPID** : le PID du processus père (processus à l'origine de la création du processus)
- **UID** : l'identifiant de l'utilisateur qui a lancé le processus
- **GID** : le groupe de l'utilisateur qui a lancé le processus

Droits du processus

- Les droits du processus à accéder en lecture, écriture ou exécution à certains fichiers ou a certaines commandes (et de manière générale aux ressources de la machine) sont basés sur son UID et son GID.
- Les processus de l'OS s'exécutent en mode noyau sans restriction de droits.
- Un processus utilisateur peut demander l'exécution d'une routine de l'OS (appel système). Cela induit un changement du mode d'exécution le temps de l'exécution de cet appel système et une **commutation de contexte** (*context switch*) : sauvegarde de l'état du processus utilisateur avant l'appel système et restauration de cet état au retour de cet appel.
- Il existe un cas particulier, appelé `Set - UID`, où un utilisateur possédant les droits d'exécution sur un fichier exécutable peut exécuter ce fichier avec les **droits du propriétaire du fichier**.
- Dans ce cas précis, le GID correspond bien au groupe de l'utilisateur lançant le processus mais l'UID correspond à l'identifiant de l'utilisateur propriétaire du fichier.

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
gid_t getgid (void);
pid_t getpid (void);
pid_t getppid (void);
uid_t getuid (void);
```

- `getpid()` : returns the process ID of the calling process
- `getppid()` : returns the process ID of the parent of the calling process
- `getgid()` : returns the group ID of the calling process
- `getuid()` : returns the user ID of the calling process

Accès à ces informations depuis un programme C : **** test_getpid.c ****

```c
#include <unistd.h>     // getpid(), gettpid(), getuid(), getgid()
#include <sys/types.h>  // pid_t, uid_t, gid_t
#include <stdio.h>      // fprintf()

int main(int argc, char* argv[]){

        pid_t my_pid  = getpid();
        pid_t my_ppid = getppid();
        uid_t my_uid = getuid();
        gid_t my_gid = getgid();

        fprintf(stdout,"Attributs de ce processus :\n");
        fprintf(stdout,"Mon pid vaut : %d\n",my_pid);
        fprintf(stdout,"Mon ppid vaut : %d\n",my_ppid);
        fprintf(stdout,"Mon uid vaut : %d\n",my_uid);
        fprintf(stdout,"Mon gid vaut : %d\n",my_gid);

        return 0;
}
```

```
$ ./my_exec
Attributs de ce processus :
Mon pid vaut : 1859
Mon ppid vaut : 1836
Mon uid vaut : 1000
Mon gid vaut : 1000
```

Rappel du plan

chmod

- La commande shell permettant de modifier les droits d'accès à un fichier est `chmod`
- Elle permet de spécifier :
  - les droits de l'utilisateur propriétaire du fichier (u)
  - les droits des utilisateurs membres du même groupe (g)
  - les droits des autres utilisateurs (o)
- Elle permet d'autoriser ou d'interdire la lecture, l'écriture et l'exécution d'un fichier pour chaque type d'utilisateur. Elle permet aussi de donner les droits `Set - UID`.

```
$ ls -l
-rw-r--r-- 1 vincent vincent 9383 2009-09-20 20:31 my_exec
$ chmod +x my_exec
$ ls -l
-rwxr-xr-x 1 vincent vincent 9383 2009-09-20 20:31 my_exec
$ chmod go-x my_exec
$ ls -l
-rwxr--r-- 1 vincent vincent 9383 2009-09-20 20:31 my_exec
$ chmod 755 my_exec
$ ls -l
-rwxr-xr-x 1 vincent vincent 9383 2009-09-20 20:31 my_exec
$ chmod uog=rw my_exec
$ ls -l
-rw-rw-rw- 1 vincent vincent 9383 2009-09-20 20:31 my_exec
$ chmod uog+x my_exec
$ ls -l
-rwxrwxrwx 1 vincent vincent 9383 2009-09-20 20:31 my_exec
$ man chmod
```

ps

La commande ps permet de visualiser les processus en cours d'exécution par l'OS.

- $ ps x permet de visualiser les processus liés à l'utilisateur
- $ ps aux permet de visualiser les processus du système
- $ ps -f x permet de voir l'ensemble des attributs des processus de l'utilisateur
- $ ps -f x | grep firefox permet de voir les attributs du processus dont la description fait apparaitre la chaine de caractère firefox

```
icub@icubTest:~$ ps aux
USER       PID %CPU %MEM    VSZ   RSS TTY      STAT START   TIME COMMAND
root         1  0.0  0.0  23680  1952 ?        Ss   14:49   0:00 /sbin/init
root         2  0.0  0.0      0     0 ?        S    14:49   0:00 [kthreadd]
root         3  0.0  0.0      0     0 ?        S    14:49   0:00 [migration/0]
root         4  0.0  0.0      0     0 ?        S    14:49   0:00 [ksoftirqd/0]
...
root       617  0.0  0.0  49260  2524 ?        Ss   14:49   0:00 /usr/sbin/sshd -D
syslog     624  0.0  0.0 125980  1624 ?        Sl   14:49   0:00 rsyslogd -c4
102        640  0.0  0.0  24268  1800 ?        Ss   14:49   0:01 dbus-daemon --system --for
root       673  0.0  0.1  94112  4244 ?        Ssl  14:49   0:00 NetworkManager
avahi      674  0.0  0.0  33928  1584 ?        S    14:49   0:00 avahi-daemon: registering
avahi      679  0.0  0.0  33928   580 ?        Ss   14:49   0:00 avahi-daemon: chroot helpe
root       680  0.0  0.0  57868  2516 ?        S    14:49   0:00 /usr/sbin/modem-manager
root       687  0.0  0.1  83100  3664 ?        Ssl  14:49   0:00 gdm-binary
...
```

top

La commande top fournit le même type d'information concernant les processus avec un formatage différent et des informations d'utilisation de la mémoire en plus.

```
icub@icubTest:~$ top

top - 17:12:39 up  2:23,  4 users,  load average: 1.05, 0.49, 0.39
Tasks: 166 total,   1 running, 165 sleeping,   0 stopped,   0 zombie
Cpu(s):  0.3%us,  2.3%sy,  0.0%ni, 97.3%id,  0.0%wa,  0.0%hi,  0.0%si,  0.0%st
Mem:   3081868k total,  1307080k used,  1774788k free,   185768k buffers
Swap:   605176k total,        0k used,   605176k free,   592312k cached

  PID USER      PR  NI  VIRT  RES  SHR S %CPU %MEM    TIME+  COMMAND
 1025 root      20   0  335m  88m  14m S    4  2.9   3:05.30 Xorg
 2914 icub      20   0  313m  24m  12m S    3  0.8   0:24.46 gnome-terminal
 1313 icub      20   0  436m  50m  16m S    1  1.7   0:55.08 compiz
 1402 root      20   0 46700  944  588 S    0  0.0   0:06.59 udisks-daemon
 3360 icub      20   0 19224 1440 1052 R    0  0.0   0:00.13 top
    1 root      20   0 23680 1952 1272 S    0  0.1   0:00.98 init
    2 root      20   0     0    0    0 S    0  0.0   0:00.01 kthreadd
    3 root      RT   0     0    0    0 S    0  0.0   0:00.02 migration/0
    4 root      20   0     0    0    0 S    0  0.0   0:00.16 ksoftirqd/0
    5 root      RT   0     0    0    0 S    0  0.0   0:00.00 watchdog/0
    6 root      RT   0     0    0    0 S    0  0.0   0:00.02 migration/1
    7 root      20   0     0    0    0 S    0  0.0   0:00.10 ksoftirqd/1
    8 root      RT   0     0    0    0 S    0  0.0   0:00.00 watchdog/1
    9 root      RT   0     0    0    0 S    0  0.0   0:00.02 migration/2
   10 root      20   0     0    0    0 S    0  0.0   0:00.29 ksoftirqd/2
   ...
```

kill

- La commande `kill` permet d'envoyer des signaux à un processus
- Par défaut cette commande force la terminaison d'un processus
- Le processus à terminer est passé comme argument à la commande `kill` au travers de son PID.

```
$ firefox &
$ ps -f | grep firefox
vincent  13036 11993 23 11:05 pts/1    00:00:04 /usr/lib/firefox-3.0.14/firefox
vincent  13082 11993  0 11:06 pts/1    00:00:00 grep firefox
$ kill 13036
$ ps -f | grep firefox
vincent  13091 11993  0 11:06 pts/1    00:00:00 grep firefox
```

```
icub@icubTest:~$ kill -l
 1) SIGHUP  2) SIGINT  3) SIGQUIT  4) SIGILL  5) SIGTRAP
 6) SIGABRT  7) SIGBUS  8) SIGFPE  9) SIGKILL 10) SIGUSR1
11) SIGSEGV 12) SIGUSR2 13) SIGPIPE 14) SIGALRM 15) SIGTERM
16) SIGSTKFLT 17) SIGCHLD 18) SIGCONT 19) SIGSTOP 20) SIGTSTP
21) SIGTTIN 22) SIGTTOU 23) SIGURG 24) SIGXCPU 25) SIGXFSZ
26) SIGVTALRM 27) SIGPROF 28) SIGWINCH 29) SIGIO 30) SIGPWR
31) SIGSYS 34) SIGRTMIN 35) SIGRTMIN+1 36) SIGRTMIN+2 37) SIGRTMIN+3
...
```

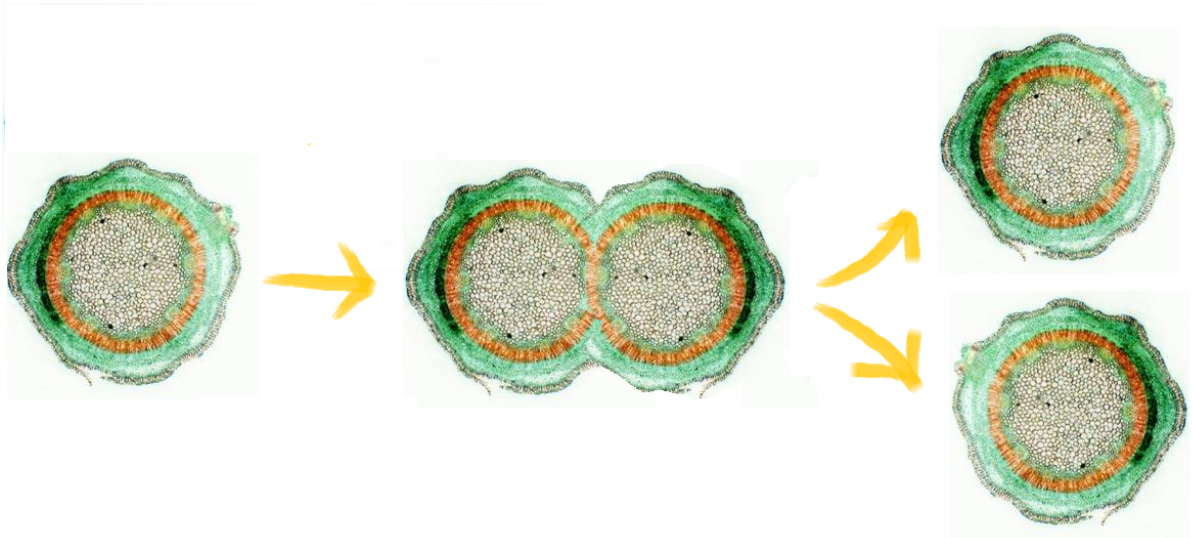
pstree

La commande pstree permet de visualiser les processus en cours d'exécution par l'OS, organisés dans un arbre qui montre les liens père/fils

```
icub@icubTest:~$ pstree --help
pstree: unrecognized option '--help'
Usage: pstree [ -a ] [ -c ] [ -h | -H PID ] [ -l ] [ -n ] [ -p ] [ -u ]
              [ -A | -G | -U ] [ PID | USER ]
       pstree -V
Display a tree of processes.

  -a, --arguments     show command line arguments
  -A, --ascii         use ASCII line drawing characters
  -c, --compact       don't compact identical subtrees
  -h, --highlight-all highlight current process and its ancestors
  -H PID,
  --highlight-pid=PID highlight this process and its ancestors
  -G, --vt100         use VT100 line drawing characters
  -l, --long          don't truncate long lines
  -n, --numeric-sort  sort output by PID
  -p, --show-pids     show PIDs; implies -c
  -u, --uid-changes   show uid transitions
  -U, --unicode       use UTF-8 (Unicode) line drawing characters
  -V, --version       display version information
  PID    start at this PID; default is 1 (init)
  USER   show only trees rooted at processes of this user
```

```
icub@icubTest:~$ pstree -A -p
init(1)-+-NetworkManager(673)-+-dhclient(699)
        |                     `-{NetworkManager}(703)
        |-avahi-daemon(674)---avahi-daemon(679)
        |-clock-applet(1434)
        |-cron(839)
        |-cupsd(2875)
        ...
        |-gdm-binary(687)-+-gdm-simple-slav(783)-+-Xorg(1025)
        |                 |                      |-gdm-session-wor(1107)-+-gnome-session(1223)-+-bluetooth-+
        |                 |                      |                       |                     |-compiz(131+
        |                 |                      |                       |                     |-evolution-+
        |                 |                      |                       |                     |-gdu-notifi+
        |                 |                      |                       |                     |-gnome-pane+
        |                 |                      |                       |                     |-gnome-powe+
        |                 |                      |                       |                     |-nautilus(1+
        |                 |                      |                       |                     |-nm-applet(+
        |                 |                      |                       |                     |-polkit-gno+
        |                 |                      |                       |                     |-python(177+
        |                 |                      |                       |                     |-ssh-agent(+
        |                 |                      |                       |                     |-update-not+
        |                 |                      |                       |                     `-{gnome-ses+
        |                 |                      |                       `-{gdm-session-wo}(1224)
        |                 |                      `-{gdm-simple-sla}(1026)
        |                 `-{gdm-binary}(789)
        |-gedit(3193)
        |-gnome-terminal(2914)-+-bash(3124)
        |                      |-bash(3159)---pstree(3275)
        |                      |-gnome-pty-helpe(2915)
        |                      `-{gnome-terminal}(2917)
        |-rtkit-daemon(1115)-+-{rtkit-daemon}(1116)
        |                    `-{rtkit-daemon}(1117)
        |-sshd(617)
        .....
```

fork



Rappel du plan

Description

- La fonction `fork()` permet à un processus (programme en cours d'exécution) de créer un nouveau processus.
- Le nouveau processus (**fils**) se voit attribuer un PID qui lui est propre et s'exécute de manière concurrente avec le processus **père** qui l'a créé et dont le PID reste inchangé.
- Le processus père et le processus fils ont le même code source mais ne partagent pas leurs variables au cours de l'exécution.
- Tout processus Linux (excepté le processus racine de PID 0) est créé à l'aide de cet appel système.

Fonctionnement

- A l'issu de l'exécution de l'appel `fork()` par le processus père, chaque processus reprend son exécution au niveau de l'instruction suivant le `fork()`.
- Afin de différencier les traitements à réaliser dans le cas du processus père et du processus fils, on utilise la valeur de retour de la fonction `fork()` :
  - Si l'appel à `fork()` échoue, le processus fils n'est pas créé et la valeur de retour est -1.
  - Dans le processus fils, la valeur de retour vaut 0.
  - Dans le processus père, la valeur de retour vaut le PID du fils qui vient d'être créé.

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
pid_t getpid (void);
pid_t getppid (void);
pid_t fork (void);
```

- `fork()` : création d'un nouveau processus
- le nouveau processus (enfant) est une copie exacte du processus qui l'a créé (parent)
- l'enfant a un nouveau PID, et un nouvel PPID
- le processus enfant hérite du parent une copie des droits sur le système de fichiers, semaphores. . .
- l'enfant n'hérite pas des espaces mémoires du parent

Rappel du plan

**** fork_simple.c ****

```c
#include <unistd.h>      // fork()
#include <sys/types.h>   // pid_t
#include <stdio.h>       // printf()

int main(void) {

        pid_t retour = 0;
        retour = fork();

        switch(retour){
        case 0 :
                printf("Je suis le processus fils de PID %d.\n",getpid());
                printf("Le PID de mon pere est %d.\n",getppid());
                break;
        case -1 :
                printf("Echec de la creation d'un processus fils\n.");
                break;
        default :
                printf("Je suis le processus pere de PID %d.\n",getpid());
                printf("Le PID de mon fils est %d.\n",retour);
                break;
        }

        while(1);
        return 0;
}
```

Sortie :

```
$ ./fork_simple
Je suis le processus pere de PID 1818.
Le PID de mon fils est 1819.
Je suis le processus fils de PID 1819.
Le PID de mon pere est 1818.
```

L'arbre des processus :

```
icub@icubTest:~$ pstree -p 1818
fork_simple(1818)---fork_simple(1819)
```

Arbre des processus :

```
icub@icubTest:~$ pstree -p 1869
fork_simple(1869)---fork_simple(1870)
```

ctrl+z

Ctrl+z : les processus est arrêté mais encore vivant. L'arbre des processus ne change pas

```
^Z
[1]+  Stopped                 ./fork_simple
```

ctrl+c

Ctrl+c : Le processus est fermé

```
$ ./fork_simple
Je suis le processus pere de PID 1869.
Le PID de mon fils est 1870.
Je suis le processus fils de PID 1870.
Le PID de mon pere est 1869.
^C
```

après ctrl+c le processus termine (il n'existe plus)

```
icub@icubTest:~$ pstree -p 1869
icub@icubTest:~$
```

↦ **Différent comportements si le parent ou l'enfant est tué**

```
icub@icubTest:~$ ./fork_simple
Je suis le processus pere de PID 1873.
Le PID de mon fils est 1874.
Je suis le processus fils de PID 1874.
Le PID de mon pere est 1873.
```

```
icub@icubTest:~$ pstree -p 1873
fork_simple(1873)---fork_simple(1874)
```

Tuer l'enfant .. conséquence qu'arrive-t-il à l'arbre ?

Tuer le parent .. conséquence qu'arrive-t-il à l'arbre ?

Rappel du plan

Synchronisation

- La terminaison du processus père **n'entraine pas** la terminaison de ses fils.
- Lorsqu'un processus fils se termine avant son père, il passe à l'état **zombie**.
- Afin de terminer complètement ce processus fils zombie et donc libérer les ressources associées, le processus père peut faire appel à une fonction de synchronisation de type `wait()` ou `waitpid()`.

`wait()`

- `pid_t wait(int *status)` suspend l'exécution du processus père (appelant) jusqu'à ce que l'un de ses fils se termine.
- La synchronisation du père et de l'ensemble de ses fils nécessite donc autant d'appel à `wait()` que de fils.
- `pid_t waitpid(pid_t pid, int *status, int options)` permet de spécifier le PID du fils dont la fin est attendue.
- Le second argument de `waitpid()` permet de récupérer une information relative à l'exécution du fils dont on l'attend la terminaison.
- Cette information peut être transmise par le processus fils au moyen de la fonction `void exit(int status)` qui permet la terminaison normale du processus.

```
#include <sys/wait.h>
#include <sys/types.h>
pid_t wait(int *status);
pid_t waitpid (pid_t pid, int *status, int options);
```

- `wait()` : suspends execution of the calling process until one of its children terminates
  - on success, it returns the ID of the terminated child ; on error, it returns *-1*
  - note that in case of a terminated child, if the father process does not call `wait()`, the resources associated to the child cannot be released, hence the terminated child remains in a "zombie" state (can be seen in the system by typing `ps aux` and looking for a "Z" in the STAT column)
  - the kernel maintains a minimal set of information about the zombie process (PID, termination status, resource usage information) in order to allow the parent to later perform a wait to obtain information about the child. As long as a zombie is not removed from the system via a wait, it will consume a slot in the kernel process table, and if this table fills, it will not be possible to create further processes. If a parent process terminates, then its "zombie" children (if any) are adopted by `init()`, which automatically performs a `wait` to remove the zombies.
- `waitpid()` : suspends execution of the calling process until a child specified by *pid* has changed state
  - *pid* = *-1* wait for any child process
  - *pid* = *0* wait for any child process whose group ID is equal to that of the calling process
  - *pid* > *0* wait for the child process with process ID equal to *pid*
  - by default it waits for terminated children, but can be modified by *options*
  - for example *options* = *WNOHANG* return immediately if no child has exited
  - on success, it returns the ID of the child whose state has changed ; on error, it returns *-1* ; if *WNOHANG* is specified and one or more children specified by *pid* exist, but have not yet changed state, it returns *0*

Rappel du plan

**** fork_wait.c ****

```
#include <unistd.h>     // fork()
#include <sys/wait.h>   // waitpid()
#include <stdio.h>      // printf()
#include <stdlib.h>     // exit(), srand()
#include <time.h>       // sleep()

int hasard() {

        double valeur = 0.0;

        srand(time(NULL));

        valeur = (double) rand() / RAND_MAX;
        printf("Le hasard dit : %f\n",valeur);

        if( valeur > 0.5)
                return(0);
        else
                return(1);
}

int main(void) {

        pid_t retour = 0;
        sleep(20);
        retour = fork();

        //2 valeurs possibles 0 ou > 0; pour un code portable
        // on utilise les constantes EXIT_SUCCESS ou EXIT_FAILURE
        int exit_status = EXIT_FAILURE;
```

**** fork_wait.c ****

```
        switch(retour){
        case 0 :
                printf("Je suis le processus fils de PID %d.\n",getpid());
                printf("Le PID de mon pere est %d.\n",getppid());
                sleep(30);
                if( hasard() == 0)
                        exit(EXIT_SUCCESS);
                else
                        exit(EXIT_FAILURE);
                break;
        case -1 :
                printf("Echec de la creation d'un processus fils\n.");
                exit(EXIT_FAILURE);
                break;
        default :
                printf("Je suis le processus pere de PID %d.\n",getpid());
                printf("Le PID de mon fils est %d.\n",retour);

                printf("J'attends que mon fils %d se termine.\n",retour);
                waitpid(retour,&exit_status,0);

                if(exit_status == EXIT_SUCCESS)
                        printf("Mon fils %d a termine avec succes.\n",retour);
                else
                        printf("Mon fils %d a termine en echec.\n",retour);
                exit(exit_status);
                break;
        }
}
```

**** fork_wait.c ****

Sortie :

```
$ ./fork_wait
Je suis le processus pere de PID 1885.
Le PID de mon fils est 1886.
J'attends que mon fils 1886 se termine.
Je suis le processus fils de PID 1886.
Le PID de mon pere est 1885.
Le hasard dit : 0.217699
Mon fils 1886 a termine en echec.
```

Rappel du plan

TEST 1

**** fork_3.c ****

```c
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>

int main(void)
{
        fork();
        fork();
        fork();

        while(1);

        exit(0);
}
```

Combien de processus sont créés par ce programme ?

TEST 1

TEST 2

**** fork_test2.c ****

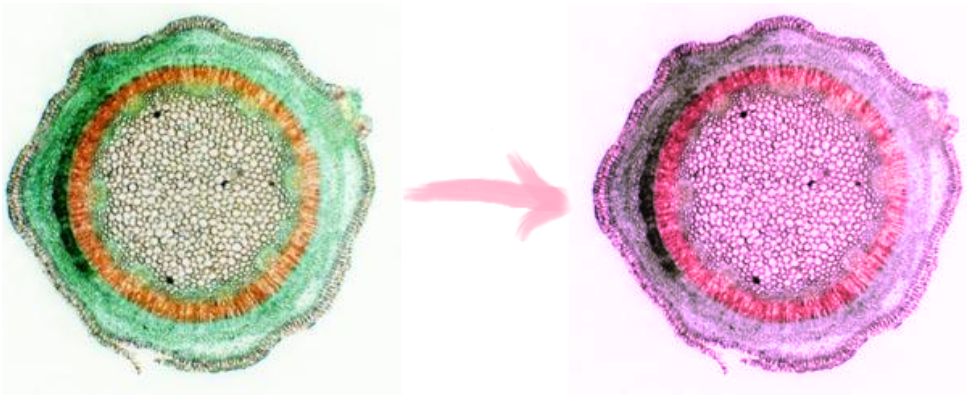
```c
#include <unistd.h>     // fork()
#include <stdio.h>      // printf()

int main(void)
{
        int i=0;
        fork();
        fork();
        fork();
        printf("hello world - %d \n",i++);
        return 0;
}
```

Quelle est la sortie du programme suivant ?

TEST 3

Ecrivez un programme qui genère seulement trois processus et affiche le PID du père et des fils.

exec*



Rappel du plan

Principe

- Les primitives de recouvrement constitue un ensemble d'appels système (de type `exec*()`) permettant à un processus de charger en mémoire un nouveau code exécutable.
- Le code de remplacement, spécifié comme argument de l'appel système de type `exec*()`, écrase le code du processus en cours (lui même éventuellement hérité au moment de la création du processus par `fork()`).
- Des données peuvent être passées au nouveau code exécutable qui les récupère via les arguments de la fonction `exec*()` utilisée.
- Ces données sont récupérées au travers du tableau `argv[]`.

La famille `execv()`

- Il existe 6 primitives de recouvrement de type `exec*()`.
- La différence principale réside dans la manière de passer le code de remplacement.
- De manière générale, il s'agit d'une chaine de caractère constitutant le chemin vers l'exécutable correspondant.
- Ces fonctions retournent -1 lorsqu'une erreur s'est produite (normalement si le recouvrement se passe bien, le code d'origine n'est plus exécuté et `execv()` ne doit pas "revenir").
- L'utilisation de ces primitives nécessitent l'inclusion de `unistd.h`.

```
#include <unistd.h>

int execl(const char *path, const char *arg, ...);
int execlp(const char *file, const char *arg, ...);
int execv(const char *path, char *const argv[]);
int execvp(const char *file, char *const argv[]);
```

- exec*() ces fonctions remplacent l'image du processus courant par une image du nouveau processus
- le *fichier* doit soit être un binaire exécutable ou un script qui commence par une ligne du type :
  #! *interpréteur* [*optional-args*]
- *argv* est un tableau d'arguments passé au nouveau programme
  - par convention, le premier argument est le nom du fichier qui est exécuté
  - le dernier élément du tableau doit être un pointeur NULL
- exec*() ne renvoient quelque chose que si une erreur s'est produite

Principe

- `exec*()` permet de démarrer un programme, mais ne crée pas de nouveau processus
- peut être vu comme une **mutation de processus**

A typical scheme :

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main(){
  execl("/bin/ls","ls",NULL) ;
  printf("Cette commande n'existe plus du fait de la mutation\n") ;
  return 0 ;
}
```

Rappel du plan

```
int execv(const char *path, char *const argv[])
```

- Une des primitives de recouvrement.
- Ses arguments d'entrées ne sont pas modifiables (mot clé `const`).
- `path` représente le chemin (relatif ou absolu) du programme exécutable de remplacement.
- `argv[]` contient les arguments du code de recouvrement dans un format similaire à celui des arguments du `main()` : `arvg[0]` contient la chaine de caractère correspondant au nom du fichier exécutable, `arvg[1]` la chaine de caractère correspondant au premier argument, ...
- En l'absence d'argument de type `argc`, la dernière case de `argv` doit contenir `NULL` afin de pouvoir déterminer la fin de la liste d'arguments.

Rappel du plan

**** execv_simple.c ****

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/wait.h>

int main (void)
{
    char *argv1[3];

    switch (fork())
    {
        case -1:
            puts("Erreur");
            exit(-1);
        case 0: // le fils
            argv1[0] = "ls";
            argv1[1] = "-l";
            argv1[2] = NULL; // toujours terminer avec NULL
            execv("/bin/ls", argv1);
            exit(0);
        default:
            puts("\nJe suis le pere\n");
            wait(NULL);
            break;
    }
    return 0;
}
```

Quelle est la sortie de ce programme ?

Sortie :

```
icub@eva:~/InfoSys_2012/c2/code$ ./execv_simple

Je suis le pere

total 248
-rwxr-xr-x 1 icub icub 10076 2012-08-16 16:51 appel_syst
-rw-r--r-- 1 icub icub   179 2012-08-14 16:06 appel_syst.c
-rw-r--r-- 1 icub icub  4104 2012-08-16 16:51 appel_syst.o
-rwxr-xr-x 1 icub icub  9889 2012-08-16 16:51 compte_args
-rw-r--r-- 1 icub icub   221 2012-08-14 16:06 compte_args.c
-rw-r--r-- 1 icub icub  3984 2012-08-16 16:51 compte_args.o
drwxr-xr-x 3 icub icub  4096 2012-08-16 16:58 exec
-rwxr-xr-x 1 icub icub 10108 2012-08-16 16:51 execv_2
-rw-r--r-- 1 icub icub   456 2012-08-16 16:04 execv_2.c
...
```

Rappel du plan

```
#include <stdlib.h>

int system(const char *command);
```

- `system()` exécute une commande shell, en appelant : `/bin/sh -c` *command*
- retourne lorsque la commande est terminée
  - -1 si une erreur se produit (fork fail)
  - le statut de la commande au format défini dans wait() sinon

**** appel_syst.c ****

```c
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>

int main(void) {

        pid_t retour = 0;

        retour = fork();

        if(retour == 0) {
                system("gedit &");
        }

        exit(0);
}
```

Remarque

Si la commande est dans le PATH, pas besoin de spécifier le chemin (au contraire de `execv()`).

Rappel du plan

TEST 4

**** compte_args.c ****

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char* argv[]){

        printf("Ce programme s'appelle %s et il compte le nombre d'arguments
            qui lui sont passes.\n",argv[0]);
        printf("Ici ce nombre vaut : %d\n",argc-1);

        return 0;
}
```

Ce programme compte le nombre de ses arguments. Ecrire un programe qui va l'exécuter ?

TEST 5

**** program_info.c ****

```c
#include <unistd.h>      // getpid(), gettpid()
#include <sys/types.h>   // pid_t, uid_t, gid_t
#include <stdio.h>       // printf()
#include <stdlib.h> // exit

int main(int argc, char* argv[])
{
        if(argc != 2)
        {
        puts("\nUsage : ./program_info name\n");
        exit(-1);
        }

        pid_t my_pid  = getpid();
        pid_t my_ppid = getppid();

        printf("%s:\n",argv[1]);
        printf("pid = %d\n",my_pid);
        printf("ppid = %d\n",my_ppid);
        return 0;
}
```

Ce programme fournit des informations sur un processus, écrire un programme qui génère deux enfants qui mutent pour afficher ces informations ?

Par exemple, Anakin (père - principal) crée deux enfants, Luke et Leia. On veut connaître leurs *pid* et *ppid* en se servant de `program_info`.

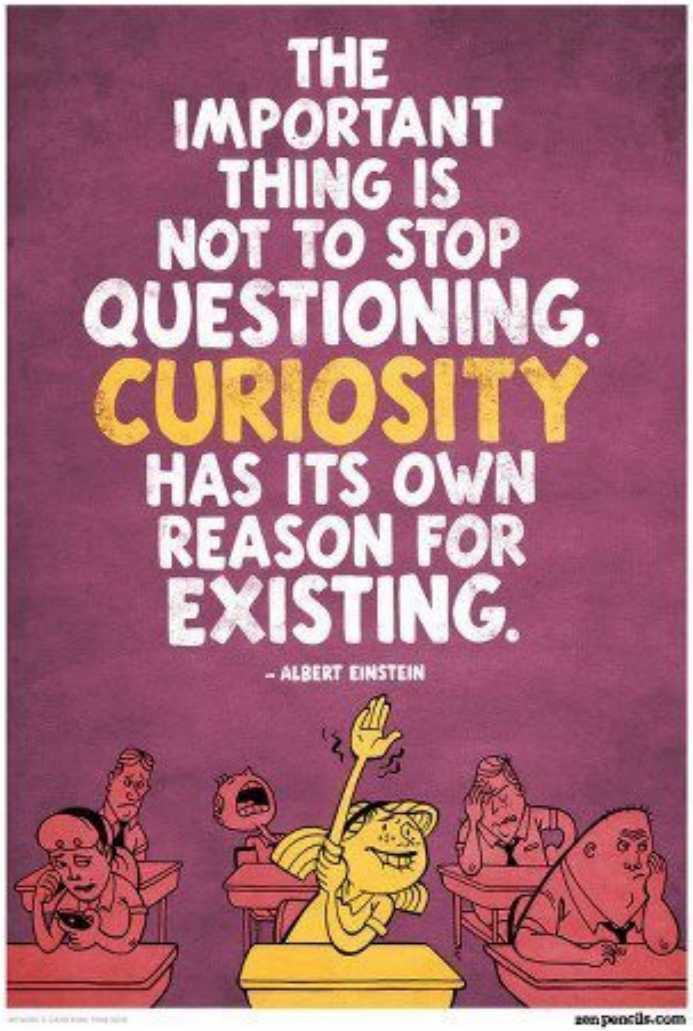
TEST 5

TEST 5

TEST 5

TEST 5

Questions ?


THE IMPORTANT THING IS NOT TO STOP QUESTIONING. CURIOSITY HAS ITS OWN REASON FOR EXISTING.
– ALBERT EINSTEIN
zenpencils.com

Contrôle 11/12 et 15/01 à 8h30