M2101 - Architecture 2

Cours n°4

Création de processus

Victor Poupet

Hiérarchie de processus

```
$ ps ax

  PID  PPID S COMMAND
    1     0 S /sbin/init
  338     1 S /sbin/udevd --daemon
  481   338 S /sbin/udevd --daemon
 1200   880 S lightdm --session-child
 1301  1200 S gnome-session
 1528     1 S /usr/lib/gvfs/gvfsd
 1532  1301 S nm-applet
 1545  1301 S /usr/lib/policykit-1-gnome
 1556  1301 S /usr/lib/gnome-settings
 1590     1 S /usr/lib/gvfs/gvfs-gdu
 1627     1 S /usr/lib/bamf/bamfdaemon
 1635  1506 S /bin/sh -c /usr/bin/compiz
 1636  1635 S /usr/bin/gtk-window
 1639     1 S /usr/lib/unity/unity
 1641     1 S /usr/lib/indicator-appmenu
 1845     1 S /usr/lib/gnome-online
 1853     1 R gnome-terminal
 2003  1301 S /usr/lib/deja-dup/deja-dup
 2414     1 S /usr/lib/dconf/dconf
 2431  1853 S bash
 2597  2431 R ps ax
```

Au démarrage de l'ordinateur, le processus **`init`** est lancé

- Par la suite, tous les autres processus sont démarrés par un processus existant (parent)
- Chaque processus est identifié par un numéro unique (PID) et connaît le numéro de son parent (PPID)
- La commande **`ps`** permet d'obtenir le PID et le PPID d'un processus

Hiérarchie (pstree)

```
$ pstree -p

init(1)─┬─NetworkManager(793)─┬─dhclient(911)
        │                     └─dnsmasq(1012)
        ├─accounts-daemon(1214)───{accounts-daemon}(1215)
        ├─acpid(850)
        ├─anacron(852)
        ├─cron(855)
        ├─cupsd(729)───dbus(3916)
        ├─dconf-service(1997)─┬─{dconf-service}(1998)
        │                     └─{dconf-service}(2000)
        ├─getty(826)
        ├─gnome-keyring-d(1407)─┬─{gnome-keyring-d}(1408)
        │                       └─{gnome-keyring-d}(1970)
        ├─gnome-terminal(1737)─┬─bash(1746)───pstree(20545)
        │                      ├─gnome-pty-helpe(1745)
        │                      └─{gnome-terminal}(1747)
        ├─goa-daemon(1895)───{goa-daemon}(1911)
        ├─gvfs-afc-volume(1612)───{gvfs-afc-volume}(1614)
        ├─gvfs-fuse-daemo(1513)─┬─{gvfs-fuse-daemo}(1516)
        │                       └─{gvfs-fuse-daemo}(1518)
        ├─mission-control(1890)─┬─{mission-control}(1893)
        │                       └─{mission-control}(1909)
        ├─sh(884)───initctl(886)
        └─udisks-daemon(1604)───udisks-daemon(1609)
```

Création

```
int main(int argc, char **argv) {
    pid_t pid;
    pid = fork();
    if (pid == -1) {
        perror("fork");
    } else if (pid == 0) {
        for (int i=0; i<3; i++) {
            printf("Fils %d\n", i);
        }
    } else {
        for (int i=0; i<3; i++) {
            printf("Père %d\n", i);
        }
    }
}
```

```
$ ./a.out

Père 0
Père 1
Père 2
Fils 0
Fils 1
Fils 2
```

Pour créer un nouveau processus, on clone un processus existant à l'aide de l'appel **`fork()`**

- Le système copie :
  - la mémoire (pile, tas, code)
  - les descripteurs de fichiers ouverts (cependant les pointeurs dans les fichiers sont partagés)
  - l'état d'exécution (pointeur d'exécution, registres du processeur)
- Différences entre les processus :
  - le processus fils a un PID et un PPID différent du père (son PPID est le PID du père)
  - la fonction **`fork`** renvoie 0 dans le processus fils, et le PID du fils dans le processus père

Création

```
// fork bomb !
int main(int argc, char **argv) {
    while (1) fork();
}
```

Pour créer un nouveau processus, on clone un processus existant à l'aide de l'appel **`fork()`**

- Le système copie :
  - la mémoire (pile, tas, code)
  - les descripteurs de fichiers ouverts (cependant les pointeurs dans les fichiers sont partagés)
  - l'état d'exécution (pointeur d'exécution, registres du processeur)
- Différences entre les processus :
  - le processus fils a un PID et un PPID différent du père (son PPID est le PID du père)
  - la fonction **`fork`** renvoie 0 dans le processus fils, et le PID du fils dans le processus père

Attente de complétion

```
SYNOPSIS
  #include <sys/types.h>
  #include <sys/wait.h>

  pid_t wait(int *status);
  pid_t waitpid(pid_t pid, int *status,
int options);
```

Les commandes **`wait`** et **`waitpid`** demandent à un processus d'attendre que ses processus fils changent d'état

- Lorsqu'un fils se termine, la commande **`wait`** permet au parent de recevoir le code de retour du fils
- Le fils est supprimé de la table de processus quand son père reçoit le code de retour

Zombies

```c
int main(int argc, char **argv) {
    pid_t pid;
    pid = fork();
    if (pid == 0) { // fils
        sleep(10);
        printf("Fin fils\n");
    } else { // père
        sleep(20);
        printf("Fin père\n");
    }
    exit(1);
}
```

Lorsqu'un processus se termine, il n'est pas immédiatement supprimé de la table

- Le parent doit explicitement le supprimer à l'aide de l'appel **`wait`**
- Si le processus reste, il devient un *zombie*
- Les processus zombies n'occupent pas de mémoire, mais ils bloquent un PID (et sont souvent le signe d'un bug dans le processus parent)
- Si le parent est terminé avant le fils, le fils devient *orphelin* et est récupéré par **`init`** (qui appelle **`wait`** régulièrement)

Zombies

```
$ ps

  PID  TTY      STAT   COMMAND
 1859 pts/0    Ss     bash
 2570 pts/0    S      ./prog
 2571 pts/0    Z      [prog] <defunct>
```

Lorsqu'un processus se termine, il n'est pas immédiatement supprimé de la table

- Le parent doit explicitement le supprimer à l'aide de l'appel **`wait`**
- Si le processus reste, il devient un *zombie*
- Les processus zombies n'occupent pas de mémoire, mais ils bloquent un PID (et sont souvent le signe d'un bug dans le processus parent)
- Si le parent est terminé avant le fils, le fils devient *orphelin* et est récupéré par **`init`** (qui appelle **`wait`** régulièrement)

Éviter les zombies

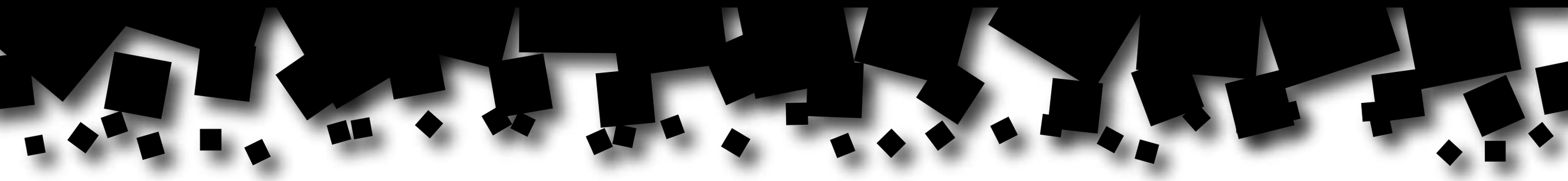
```c
int pid1, pid2;
int status;

if(pid1 = fork()) {
    // père
    waitpid(pid1, &status, NULL);
} else {
    // fils
    if (pid2 = fork()) {
        // fils
        exit(0);
    } else {
        // petit-fils
        * exécuter une tâche compliquée *
    }
}
```

Parfois, la tâche exécutée par le fils est longue et on ne veut pas bloquer le père en attente de complétion

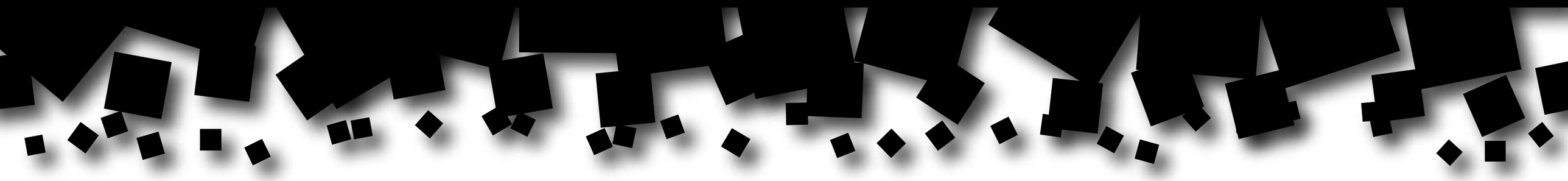
- On peut mettre en place une gestion de signaux (**`SIGCHLD`**)
- On peut faire en sorte que le processus fils soit immédiatement adopté par **`init`**

fork



- La fonction fork est appelée par un processus, mais renvoie deux résultats, dans deux processus distincts
- Le père reçoit le PID du fils
- Le fils peut obtenir le PID du père : **`getppid()`**
- Si le fils et le père doivent avoir des comportements différents, il faut que les deux aient l'ensemble du code

fork



- La fonction fork est appelée par un processus, mais renvoie deux résultats, dans deux processus distincts
- Le père reçoit le PID du fils
- Le fils peut obtenir le PID du père : **`getppid()`**
- Si le fils et le père doivent avoir des comportements différents, il faut que les deux aient l'ensemble du code... sauf s'il existe un moyen de changer le code d'un processus

Exécution

```
#include <unistd.h>

extern char **environ;

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

La famille de fonctions **`exec`** permet de remplacer le code d'un processus par un autre

- le premier argument est un exécutable
- les arguments suivants permettent de passer des paramètres et des variables d'environnement
- à l'appel de la fonction, tout le code du processus est remplacé par celui indiqué et l'état du processus est réinitialisé

Exécution

```
#include <unistd.h>

extern char **environ;

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

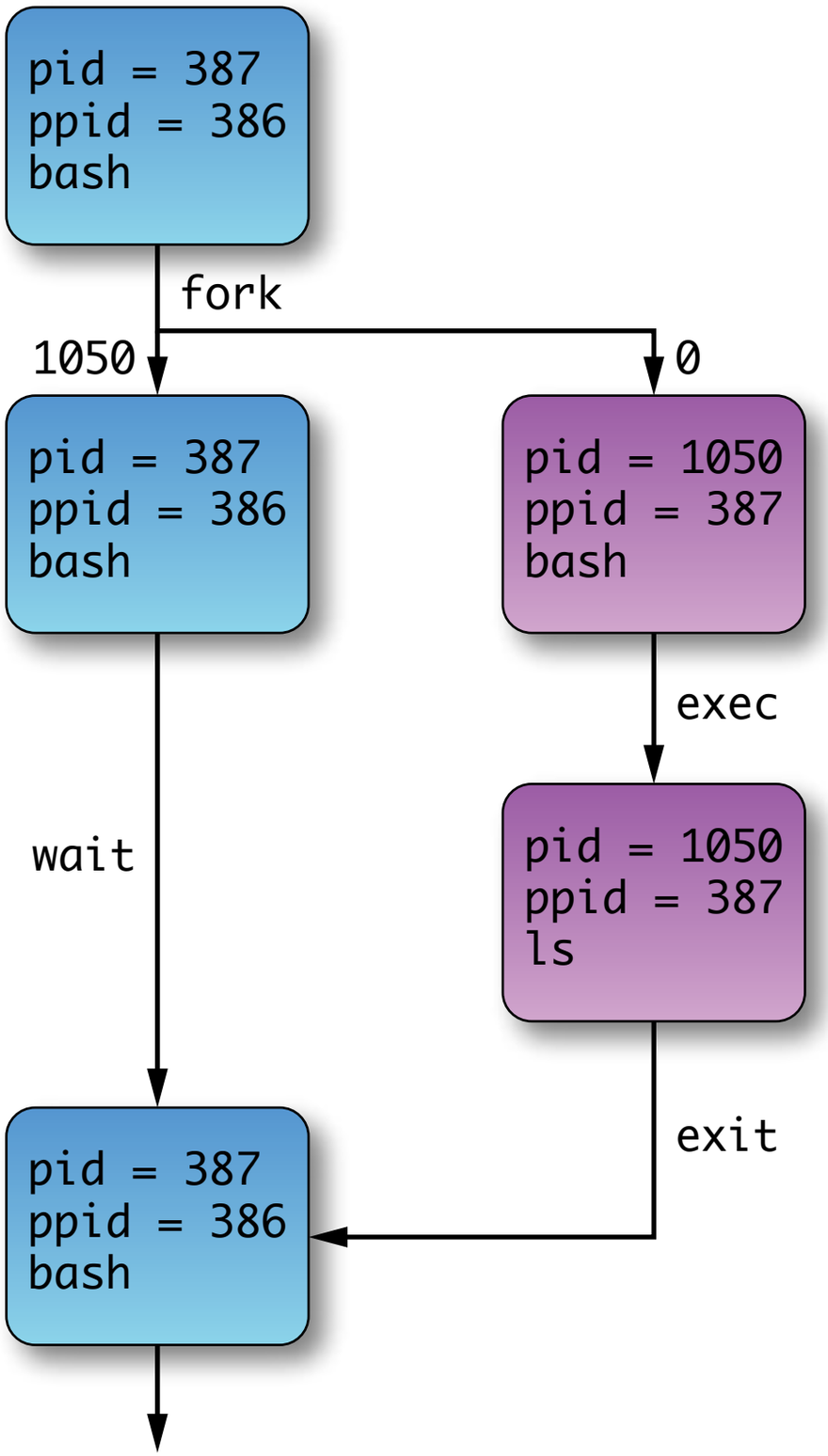
- Il existe plusieurs variantes :
  - `l` (list) : les arguments sont passés un par un à la fonction, avec un pointeur nul (`NULL`) en dernier
  - `v` (vector) : les arguments sont passés dans un unique tableau
  - `p` (path) : l'exécutable est cherché dans les répertoires du chemin d'exécution
  - `e` (environment) : permet de passer un tableau contenant des variables d'environnement pour l'exécution du nouveau programme

Exécution

```
int main(int argc, char **argv) {
    pid_t pid;
    int status;
    pid = fork();
    if (pid == 0) {
        execlp("ls", "ls", "-l", NULL);
    } else {
        printf("Père \n");
        wait(&status);
    }
}
```

- Il existe plusieurs variantes :
  - `l` (list) : les arguments sont passés un par un à la fonction, avec un pointeur nul (`NULL`) en dernier
  - `v` (vector) : les arguments sont passés dans un unique tableau
  - `p` (path) : l'exécutable est cherché dans les répertoires du chemin d'exécution
  - `e` (environment) : permet de passer un tableau contenant des variables d'environnement pour l'exécution du nouveau programme

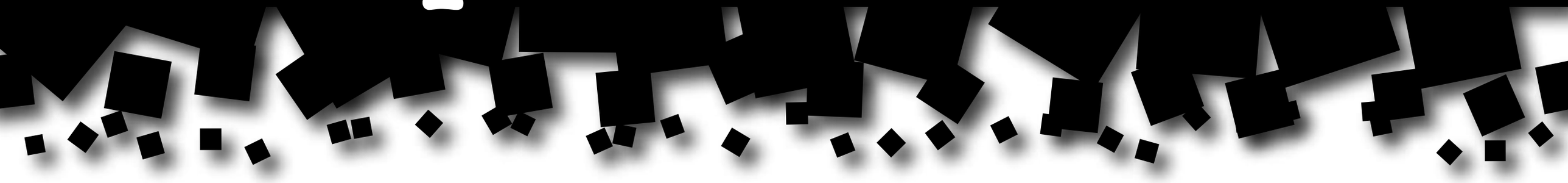
Exemple : ls



Le shell veut exécuter la commande **`ls`**

- **`fork()`** pour créer le processus fils
- le père attend que le fils ait fini son exécution (si la commande est en arrière plan le père ne se bloque pas)
- le fils appelle **`exec`** pour remplacer son code par celui du programme **`ls`**
- quand le fils termine, le père reçoit le code de retour, supprime le processus fils et reprend son exécution

Copie sur écriture



L'utilisation de **`fork/exec`** est le moyen le plus classique (et parfois le seul disponible) pour créer des nouveaux processus

- Si le nouveau processus va être remplacé par un autre programme (**`exec`**) il est inutile de copier toute sa mémoire au moment du **`fork`**
- Pour alléger, on utilise souvent une technique appelée *copy on write* :
  - lorsque le nouveau processus est créé, on ne copie pas sa mémoire
  - il dispose de pointeurs vers la mémoire du père pour la lecture
  - la mémoire est copiée au moment de la première écriture par le fils
- Dans le cas où **`exec`** suit **`fork`**, la mémoire n'est pas copiée.