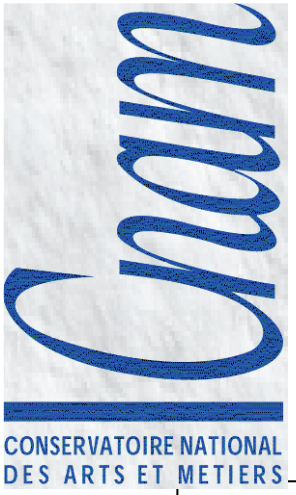


Architecture des Systèmes

Samia Bouzefrane & Ziad Kachouh

MCF en Informatique, CNAM

Samia.bouzefrane@cnam.fr

http://cedric.cnam.fr/~bouzefra

Plan

- Gestion des processus
- Exemples de mécanismes de communication et de synchronisation:
  - les tubes et
  - les signaux
- Gestion des Threads
- Bibliographie

GESTION DES PROCESSUS

Applications comportant des processus concurrents

- Motivations pour les processus concurrents
  - améliorer l'utilisation de la machine (cas monoprocesseur)
  - multiprogrammation sur des serveurs
  - parallélisme entre le calcul et les E/S sur PC
  - lancer des sous-calculs dans une machine parallèle ou répartie
  - créer des processus réactifs pour répondre à des requêtes ou à des événements externes (systèmes temps réel, systèmes embarqués et/mobiles)

- Construire des applications concurrentes, parallèles ou réparties

Définitions (1)

- Processus:
  - Instance d'un programme en exécution
  - et un ensemble de données
  - et un ensemble d'informations (BCP, bloc de contrôle de processus)
- Deux types de processus
  - Système: propriété du super-utilisateur (démons)
  - Utilisateur: lancés par les utilisateurs
- Code de retour d'un processus
  - **=0**: fin normale
  - **≠0**: comportement anormal (en cours d'exécution ou à la terminaison)
- Interruption d'un processus à la réception d'un signal
  - A partir d'un programme (SIGINT, SIGQUIT)
  - A partir d'un shell avec la commande:

```
kill num_signal pid_processus
```

Définitions (2)

- La table des descripteurs de fichiers:
  - Chaque processus peut posséder au maximum OPEN_MAX descripteurs de fichier
  - En plus des descripteurs qu'un processus hérite de son père, il peut en créer d'autres avec open, creat, dup, …
- Enchaînement d'exécution des processus
  - Si les commandes associées sont séparées par « ; »
  - Exemple: $commande_1$; $commande_2$; … ; $commande_n$
  - Remarque:
    - Une erreur dans un processus n'affecte pas les suivants
    - Pour rediriger la sortie de plusieurs commandes, les mettre entre ( )
- Processus coopérants et communication par tube (pipe)
  - Communication par l'intermédiaire de tube. Les résultats d'un processus servent de données d'entrée à l'autre
  - Exemple: $commande_1$ | $commande_2$ | … | $commande_n$

Descripteur des processus Linux

- Bloc de contrôle (utilisé par Linux) comporte :
  - État du processus
  - Priorité du processus
  - Signaux en attente
  - Signaux masqués
  - Pointeur sur le processus suivant dans la liste des processus prêts
  - Numéro du processus
  - Numéro du groupe contenant le processus
  - Pointeur sur le processus père
  - Numéro de la session contenant le processus
  - Identificateur de l'utilisateur réel
  - Identificateur de l'utilisateur effectif
  - Politique d'ordonnancement utilisé
  - Temps processeur consommé en mode noyau et en mode utilisateur
  - Date de création du processus, etc.

Visualisation de processus (1)

- La commande « **ps** » permet de visualiser les processus existant à son lancement sur la machine
- Sans option, elle ne concerne que les processus associés au terminal depuis lequel elle est lancée

```
$ ps -cflg
  F S UID     PID   PPID  PGID   SID  CLS PRI ADDR    SZ WCHAN  STIME TTY        TIME CMD
000 S invite  8389  8325  8389  8389    -  25    -   749 wait4  10:15 pts/2  00:00:00 /bin/bash
000 R invite  11364 8389 11364  8389    -  25    -   789 -      11:22 pts/2  00:00:00 ps -cflj

$
```

```
$ ps -l
  F S   UID   PID  PPID  C PRI  NI ADDR    SZ WCHAN  TTY          TIME CMD
000 S   501  8389  8325  0  73   0    -   749 wait4  pts/2    00:00:00 bash
000 R   501 11370  8389  0  79   0    -   788 -      pts/2    00:00:00 ps

$
```

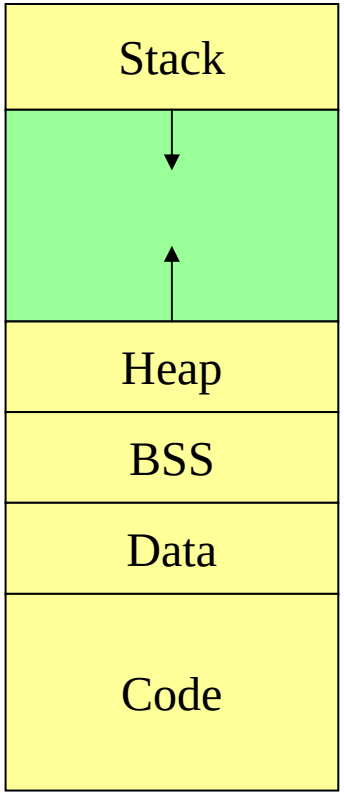
Informations de la commande ***ps***

Nom	**Interprétation**	**Option(s)**
S	Etat du processus S: endormi, R: actif, T: stoppé, Z: terminé (zombi)	-l
F	Indicateur de l'état du processus en mémoire (swappé, en mémoire, …)	-l
PPID	Identificateur du processus père	-l –f
UID	Utilisateur propriétaire	-l –f
PGID	N° du groupe de processus	-j
SID	N° de session	-j
ADDR	Adresse du processus	-l
SZ	Taille du processus (en nombre de pages)	-l
WCHAN	Adresse d'événements attendus (raison de sa mise en sommeil s'il est endormi)	-l
STIME	Date de création	-l
CLS	Classe de priorité (TS → temps partagé, SYS→ système, RT→ temps réel).	-cf –cl
C	Utilisation du processeur par le processus	-f –l
PRI	Priorité du processus	-l
NI	Valeur « nice »	-l

Processus en mémoire (1)

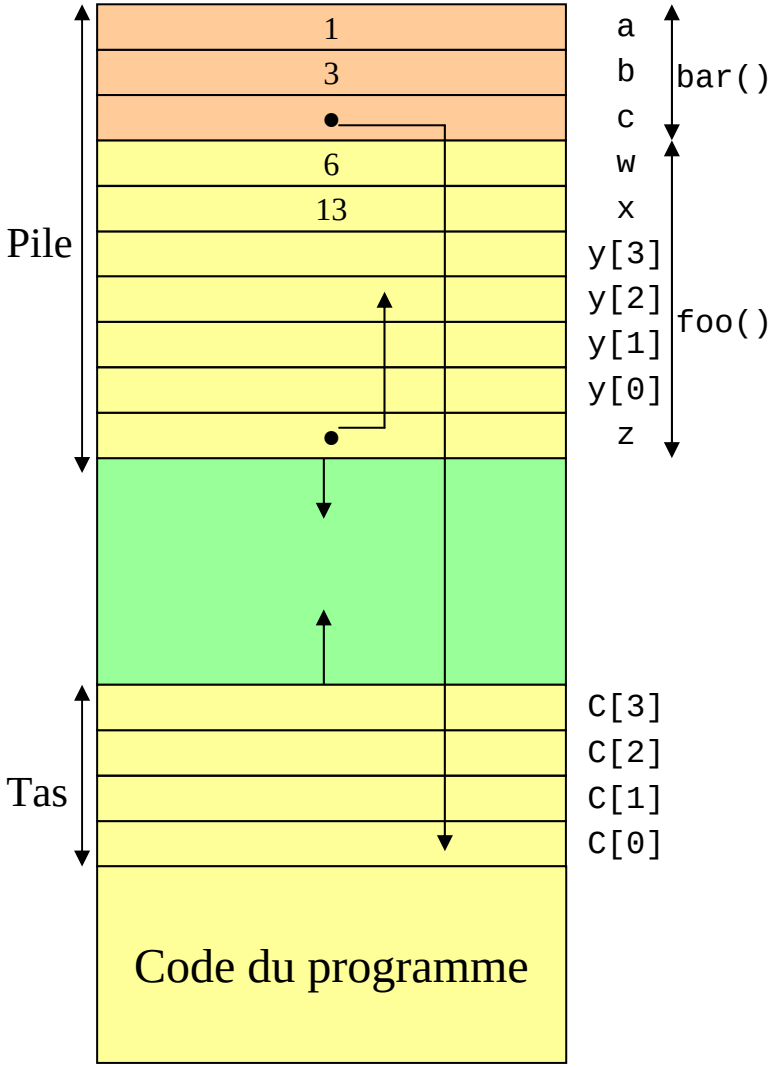
- Pile (stack):
  - Les appels de fonctions et variables locales aux fonctions exigent une structure de donnée dynamique
  - Variables locales et paramètres
  - Adresse de retour de fonction
- Tas (heap)
  - Allocation dynamiques de variables
- Code (Text)
  - Code des fonctions
  - Lecture seulement (read-only)
- Données (Data+BSS)
  - Constantes
  - Variables initialisées / non-initialisées

Image d'un processus



Processus en mémoire (2)

```
void foo(int w) {
   int x = w+7;
   int y[4];
   int *z = &y[2];
}

void bar(int a) {
   int b = a+2;
   int *c = (int *) calloc(sizeof(int)*4);
   foo(b+3);
}

main() {
   bar(1);
}
```



Ordonnancement de processus

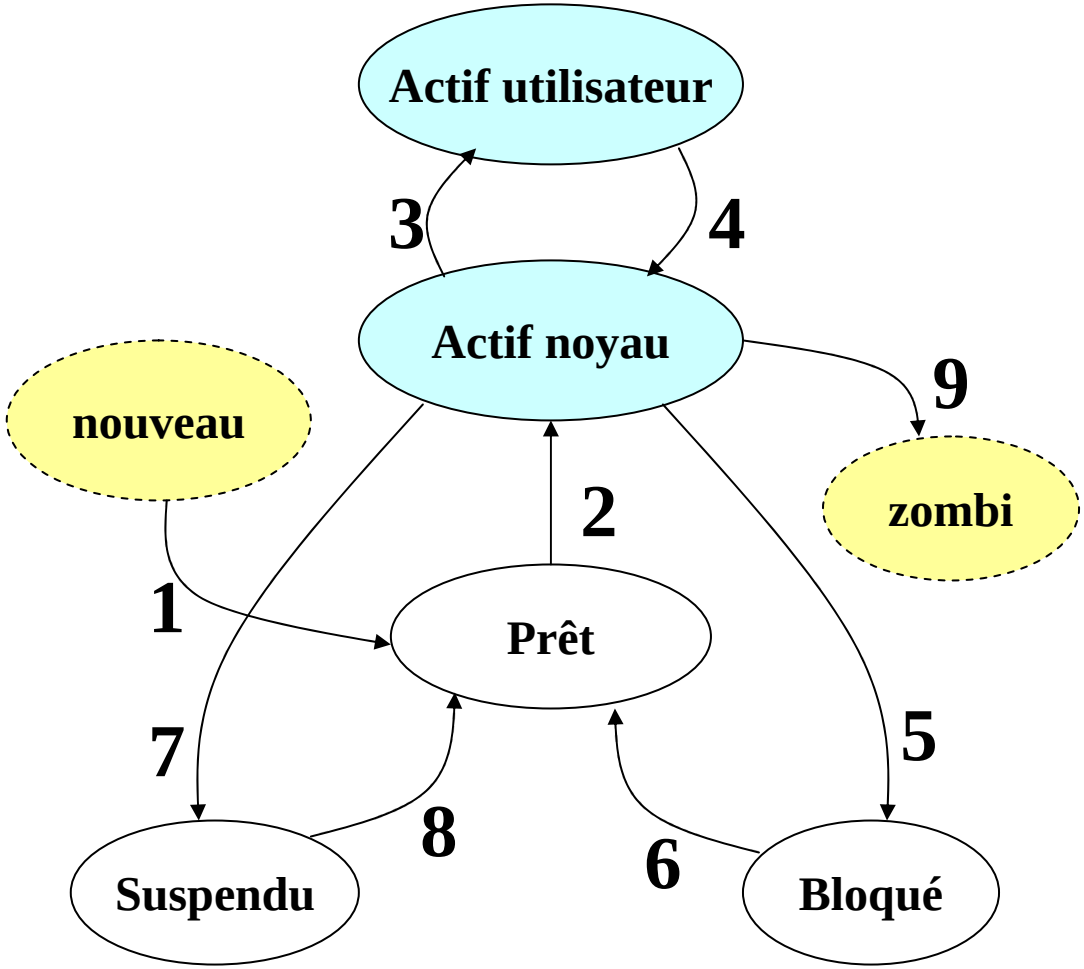
- L'ordonnanceur (scheduller) d'Unix:
  - Associe une priorité dynamique à chaque processus, recalculée périodiquement
  - Utilise la stratégie du tourniquet (round robin) pour les processus de même priorité
- La fonction de calcul de la priorité courante utilise les paramètres suivants:
  - Une priorité de base: correspondant au niveau d'interruption du processus
  - Le temps CPU consommé récemment
  - Une priorité ajustable par le processus lui-même grâce à:

```
#include <unistd.h>
int nice(int incr);
```

qui permet d'augmenter la valeur de **`incr`** [0-39] et donc de diminuer sa priorité

- Le super-utilisateur peut augmenter la priorité en donnant une valeur <0 à **`incr`**.

État d'un processus



1. Allocation de ressources
2. Élu par le scheduler
3. Le processus revient d'un appel système ou d'une interruption
4. Le processus a fait un appel système ou a été interrompu
5. Se met en attente d'un événement
6. Événement attendu est arrivé
7. Suspendu par un signal SIGSTOP
8. Réveil par le signal SIGCONT
9. fin

Création de processus (1)

- La primitive ***fork()*** permet de créer un nouveau processus (fils) par duplication
- Afin de distinguer le père du fils, ***fork()*** retourne:
  - -1 : en cas d'erreur de création
  - 0 : indique le fils
  - > 0 : le **pid** du processus fils au processus père
- Les primitives ***getpid()*** et ***getppid()*** permettent d'identifier un processus et son père.

```
#include <unistd.h>
pid_t fork(void)    // crée un nouveau processus
pid_t getpid(void)  // donne le pid du processus
pid_t getppid(void) // donne le pid du père du processus
```

Exemple 1 - Création d'un processus

```c
#include <stdio.h>
int main(void)
{
   int pid;

   pid=fork();

   switch (pid) {
      case –1 : printf("erreur ……"); break;
      case  0 : printf("je suis le processus fils"); break;
      default : printf("je suis le processus père"); break;
   }

   return 0;
}
```



```
je suis le processus père
je suis le processus fils
```

Exemple 2 - Création d'un processus (1)

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

int main(void){
   int pid;

   pid = fork();

   if (pid > 0)
      printf("processus père: %d-%d-%d\n", pid, getpid(), getppid());

   if (pid == 0) {
      printf("processus fils: %d-%d-%d\n", pid, getpid(), getppid());
   }

   if (pid < 0)
      printf("Probleme de creation par fork()\n");

   system("ps -l");
   return 0;
}
```

Exemple 2 - Création d'un processus (2)

```
  F S   UID   PID  PPID  C PRI  NI ADDR    SZ WCHAN  TTY          TIME CMD
000 S   501  2402  2401  0  71   0    -   748 wait4  pts/1    00:00:00 bash
000 S   501 13681  2402  0  71   0    -   343 wait4  pts/1    00:00:00 exo2
040 S   501 13682 13681  0  71   0    -   343 wait4  pts/1    00:00:00 exo2
000 R   501 13683 13681  0  74   0    -   786 -      pts/1    00:00:00 ps
000 R   501 13684 13682  0  74   0    -   789 -      pts/1    00:00:00 ps

processus fils: 0-13682-13681

  F S   UID   PID  PPID  C PRI  NI ADDR    SZ WCHAN  TTY          TIME CMD
000 S   501  2402  2401  0  71   0    -   748 wait4  pts/1    00:00:00 bash
000 S   501 13681  2402  0  71   0    -   343 wait4  pts/1    00:00:00 exo2
044 Z   501 13682 13681  0  65   0    -     0 do_exi pts/1    00:00:00 exo2 <def>
000 R   501 13683 13681  0  75   0    -   788 -      pts/1    00:00:00 ps

processus père: 13682-13681-2402
```

L’héritage du fils (1)

- Le processus fils hérite de beaucoup d’attributs du père mais n’hérite pas:
  - De l’identification de son père
  - Des temps d’exécution qui sont initialisés à 0
  - Des signaux pendants (arrivées, en attente d’être traités) du père
  - De la priorité du père; la sienne est initialisée à une valeur standard
  - Des verrous sur les fichiers détenus par le père
- Le fils travaille sur les données du père s’il accède seulement en lecture. S’il accède en écriture à une donnée, celle-ci est alors recopiée dans son espace local.

L’héritage du fils: exemple 1

```
#include <stdio.h>
int m=2;
void main(void) {
   int i, pid;
   printf("m=%d\n", m);
   pid = fork();
   if (pid > 0) {
      for (i=0; i<5; i++) {
         sleep(1);
         m++;
         printf("\nje suis le processus père: %d, m=%d\n", i, m);
         sleep(1);

      }
   }
   if (pid == 0) {
      for (i=0;i<5; i++) {
         m = m*2;
         printf("\nje suis le processus fils: %d, m=%d\n", i, m);
         sleep(2);
      }
   }
   if (pid < 0)  printf("Probleme de creation par fork()\n");

}
```

L’héritage du fils: exemple 2

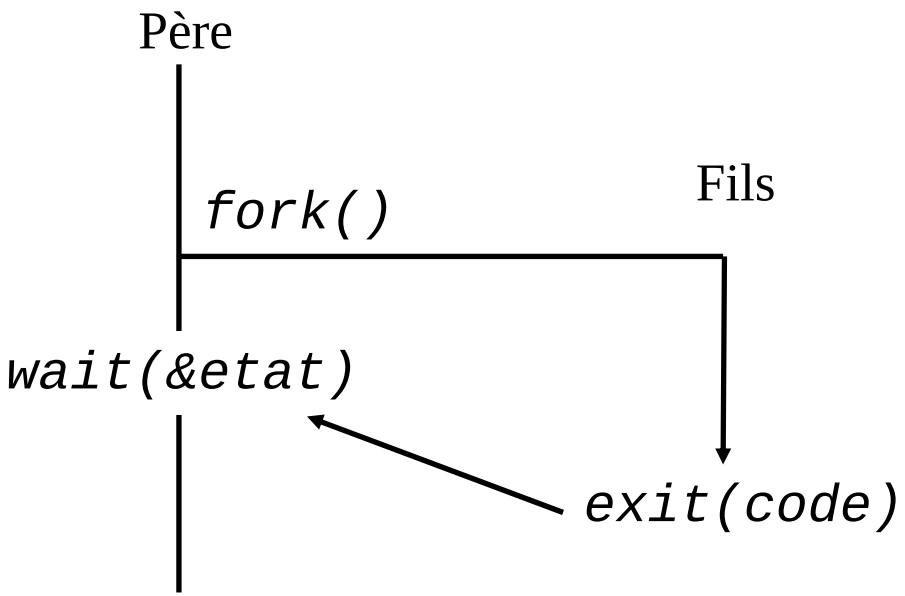
```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>
#include <fcntl.h>

int descript;

int main(void) {
        descript = open("toto", O_CREAT | O_RDWR , 0);
        printf("descript=%d\n", descript);

        if (fork() == 0) {
                write(descript, "ab", 2);
        }
        else {
                sleep(1);
                write(descript, "AB", 2);
                wait(NULL);
        }
        return 0;
}
```

Primitives wait et waitpid

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

- Ces deux primitives permettent l'élimination des processus zombis et la synchronisation d'un processus sur la terminaison de ses descendants avec récupération des informations relatives à cette terminaison.
- Elles provoquent la suspension du processus appelant jusqu'à ce que l'un de ses processus fils se termine
- La primitive `waitpid` permet de sélectionner un processus particulier parmi les processus fils (pid)

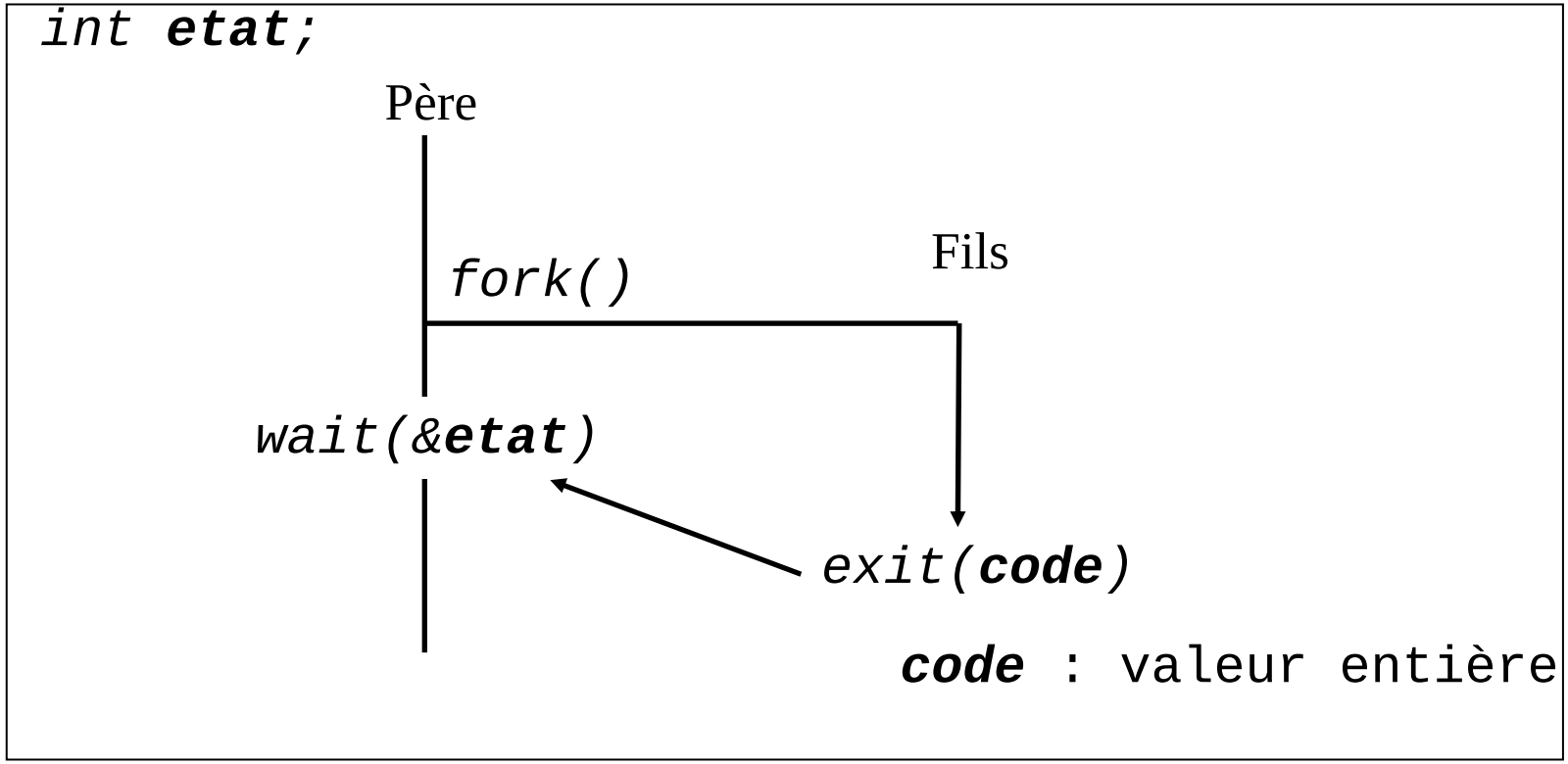
Synchronisation père-fils (1)



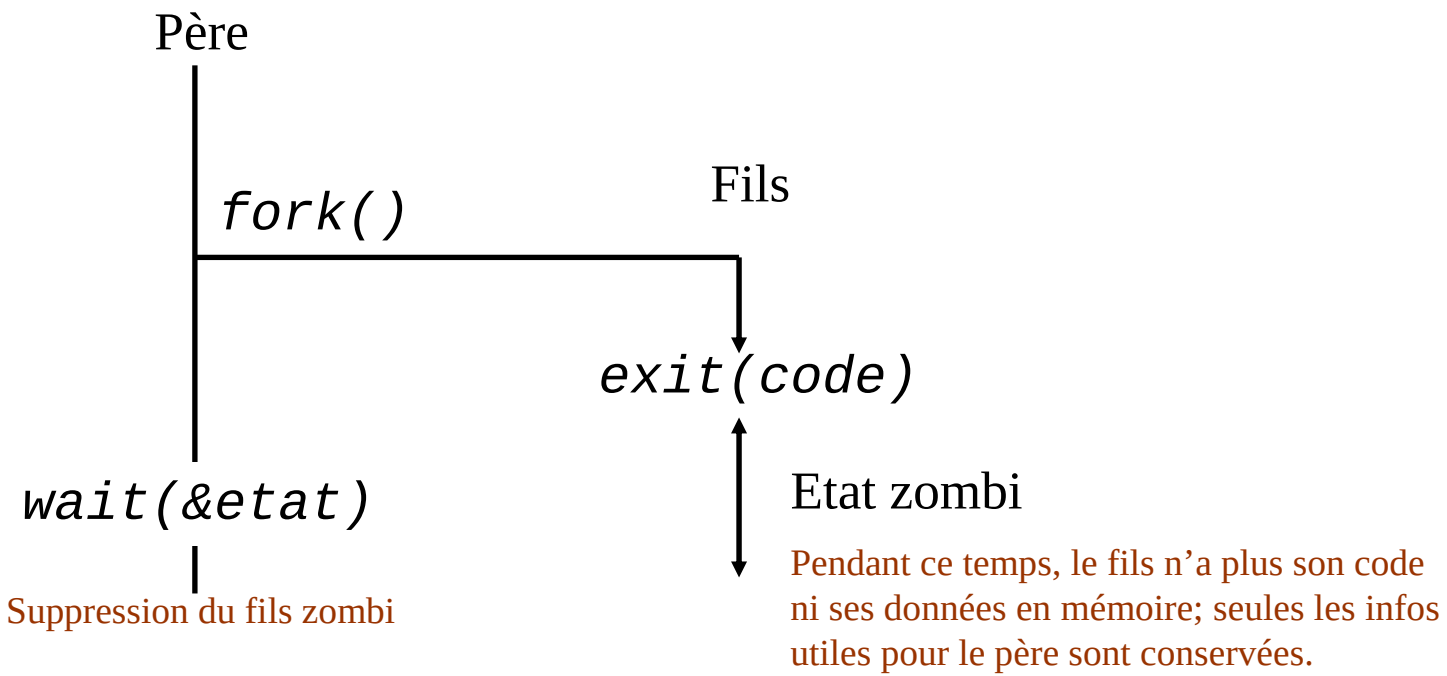
Synchronisation père-fils (2)

octet1 octet2 (Bits précisant si fin normale ou due à un signal)

Pour retrouver le code de retour à partir de *etat*, il suffit de décaler *etat* de 8 bits



Synchronisation père-fils (3)



Synchronisation père-fils (4)

```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
        if (fork() == 0) {
                printf("Fin du processus fils de N° %d\n", getpid());
                exit(2);
        }
        sleep(30);
        wait(0);
}
```

```
$ p_z &
Fin du processus fils de N°xxx

$ ps -l
F S   UID   PID  PPID  C PRI  NI ADDR    SZ WCHAN     TTY      TIME CMD
000 S   501  8389  8325  0  73   0    -   749 wait4  pts/2  00:00:00 bash
000 S   501 11445  8389  0  71   0    -   342 nanosl pts/2  00:00:00 p_z
044 Z   501 11446 11445  0  70   0    -     0 do_exi pts/2  00:00:00 p_z <defunct>
000 R   501 11450  8389  0  74   0    -   789 -      pts/2    00:00:00 ps
```

C’est l’instruction `sleep(30)` qui en endormant le père pendant 30 secondes, rend le fils zombi (état " Z " et intitulé du processus: " `<defunct>`")

Communication avec l'environnement

- `int main(int argc, char *argv[], char *argp[])`
- Le lancement d'un programme C provoque l'appel de sa fonction principale `main()` qui a 3 paramètres optionnels:
  - `argc`: nombre de paramètres sur la lignes de commande (y compris le nom de l'exécutable lui-même)
  - `argv`: tableau de chaînes contenant les paramètres de la ligne de commande
  - `envp`: tableau de chaînes contenant les variables d'environnement au moment de l'appel, sous la forme `variable=valeur`
- Les dénominations `argc`, `argv` et `envp` sont purement conventionnelles.

Communication avec l'environnement: exemple (1)

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

char *chaine1;

int main(int argc, char *argv[], char *envp[]) {
   int k;
   printf("affichage des arguments:\n");
   for (k=0; k<argc; k++) {
      printf("%d: %s\n", k, argv[k]);
   }
   printf("\naffichage des variables d'environnement:\n");
   for (k=0; envp[k]!=NULL; k++) {
      printf("%d: %s\n", k, envp[k]);
   }
   printf("\naffichage d'une variable d'environnement interceptee:\n");
   chaine1 = getenv("SHELL");
   printf("SHELL = %s\n", chaine1);
   return 0;
}
```

Communication avec l'environnement: exemple (2)

```
$ ./env a b c
affichage des arguments:
0: ./env1
1: a
2: b
3: c

affichage des variables d'environnement:
0: PWD=/home/invite/TP_system/tp2
1: XAUTHORITY=/home/invite/.Xauthority
2: LC_MESSAGES=fr_FR
...
31: DISPLAY=:0.0
32: LOGNAME=invite
36: SHELL=/bin/bash
41: HOME=/home/invite
42: TERM=xterm
43: PATH=/bin:/usr/bin:/usr/local/bin:/home/invite/bin
44: SECURE_LEVEL=2

affichage d'une variable d'environnement interceptee:
SHELL = /bin/bash
```

Primitives de recouvrement

- **Objectif**: charger en mémoire **à la place du processus fils** un autre programme provenant d'un **fichier binaire**
- Il existe 6 primitives **exec.** Les arguments sont transmis:
  - sous forme d'un tableau (ou vecteur, d'où le *v*) contenant les paramètres:
    - execv, execvp, execve
  - Sous forme d'une liste (d'où le *l*): arg_0, arg_1, …, arg_N, NULL:
    - execl, execlp, execle
  - La lettre finale p ou e est mise pour path ou environnement
- La fonction `system("commande…")` permet aussi de lancer une commande à partir d'un programme mais son inconvénient est qu'elle lance un nouveau Shell pour interpréter la commande.

Primitives de recouvrement – exemples (1)

```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
   char *argv[4]={"ls", "-l", "/", NULL};

   execv ("/bin/ls", argv);
   execl ("/bin/ls", "ls", "-l", "/", NULL);
   execlp("ls", "ls", "-l", "/", NULL);

   return 0;
}
```

Primitives de recouvrement – exemples (2)

```c
#include <stdio.h>

int res;

int main(void) {
   printf("Preambule du bonjour\n");
   if (fork()==0) {
      res = execl("./bonjourx", 0);
      printf("%d\n", res); // -1 en cas de probleme
      exit(res); // Terminer le processus fils a ce niveau
   }
   wait(NULL); // niveau pere qui attend le fils

   printf("Posteambule du bonjour\n");
   return 0;
}
```

Bibliographie