

# Gestion des signaux

# Les signaux

## Signaux :

- Événements externes qui changent le déroulement d'un programme, de manière **asynchrone**.
- Émis par un autre processus, la commande `kill`, des caractères traités par le terminal, le matériel ou par le système.
- Un signal peut être bloqué par le processus
- Un signal est généré par un autre processus (`kill`).

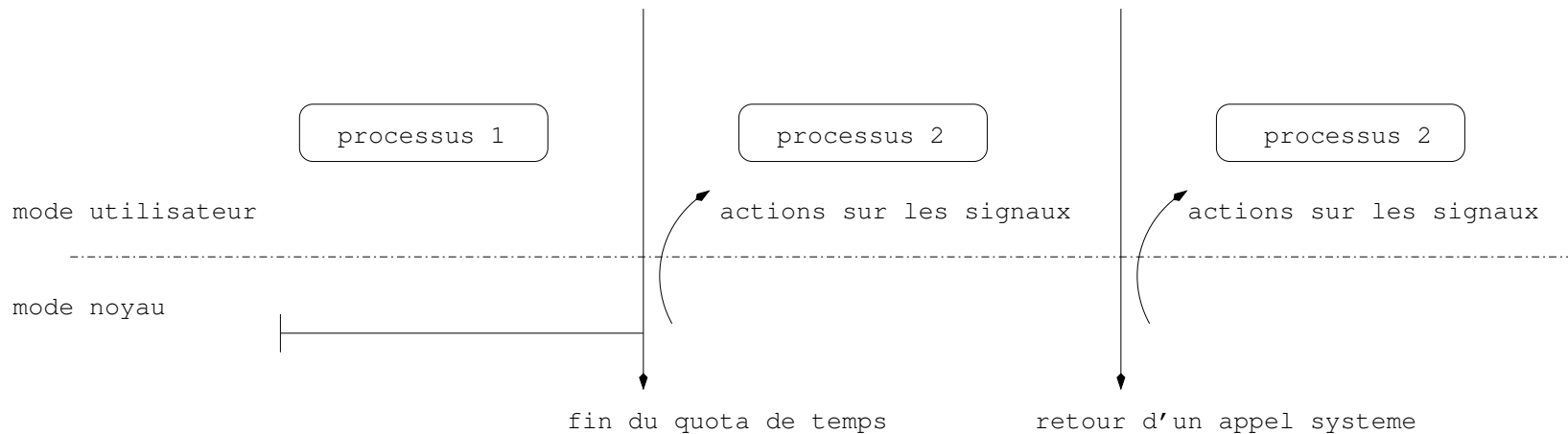
## Comportement à la réception d'un signal (selon le signal et les réglages) :

- Terminaison de l'exécution.
- Suspension de l'exécution (le processus père est prévenu).
- Rien : le signal est ignoré.
- Exécution d'une fonction définie par l'utilisateur.

# Synchronisation des processus avec les signaux

**Traitement des signaux** : Les signaux sont traités lorsque le processus passe du mode noyau au mode utilisateur.

- au moment d'un changement de contexte ;
- au moment du retour d'un appel système.



C'est donc un **traitement asynchrone** : envoyer la commande `kill -9 pid` ne signifie pas que le processus est interrompu tout de suite mais seulement :

*Interrompre le processus pid lorsque celui-ci écoute !*

## Exemple (a tester sur Linux) :

```
di-pouzet > cat
```

```
di-pouzet > ^z    <-- (control-Z; suspend l'execution du processus de nom cat)
```

```
di-pouzet > ps
```

PID	TTY	TIME	CMD
21192	pts/6	00:00:00	tcsh
21313	pts/6	00:00:00	cat
21315	pts/6	00:00:00	ps

```
di-pouzet > killall -2 cat (interrompre le processus de nom cat)
```

```
di-pouzet > ps
```

PID	TTY	TIME	CMD
21192	pts/6	00:00:00	tcsh
21313	pts/6	00:00:00	cat
21564	pts/6	00:00:00	ps

```
di-pouzet > fg (envoie le signal "continue" au processus suspendu)
```

```
di-pouzet > ps
```

PID	TTY	TIME	CMD
21192	pts/6	00:00:00	tcsh
21694	pts/6	00:00:00	ps

**Donc :** le signal d'interruption n'est traité que lorsque le processus `cat` redevient actif, i.e., il est disponible pour être exécuté.

**Redonc :** l'information que le signal 2 a été émis est mémorisée par le système.

**Remarque :** le comportement est différent sous Mac OS X.

## Les principaux signaux

Nom	Signification	Comportement
SIGHUP	Hang-up (fin de connexion)	T(erminaison)
SIGINT	Interruption ( <code>Ctrl-c</code> )	T
SIGQUIT	Interruption forte ( <code>Ctrl-\</code> )	T + core
SIGFPE	Erreur arithmétique	T + core
SIGKILL	Interruption immédiate et absolue	T + core
SIGSEGV	Violation des protections mémoire	T + core
SIGPIPE	Écriture sur un pipe sans lecteurs	T
SIGTSTP	Arrêt temporaire( <code>Ctrl-z</code> )	Suspension
SIGCONT	Redémarrage d'un fils arrêté	Ignoré
SIGCHLD	un des fils est mort ou arrêté	Ignoré

## Les principaux signaux

Nom	Signification	Comportement
SIGALRM	Interruption d'horloge	Ignoré
SIGSTOP	Arrêt temporaire	Suspension
SIGUSR1	Émis par un processus utilisateur	T
SIGUSR2	Émis par un processus utilisateur	T

— Liste complète des signaux : `man 7 signal`

fichier core (“core dump”) : image mémoire du processus à son arrêt. La définition des signaux et des traitements associés se trouve dans le module `Sys` de OCaml.

# Identification d'un signal

(siglist.c)

— Message associé à un signal

— (non standard, ni POSIX, ni ANSI C)

```
#include <signal.h>
```

```
#include <string.h>
```

```
char *strsignal(int sig)
```

```
extern const char *const sys_signame[NSIG];
```

```
void psignal(int sig, const char *s);
```

— Exemple :

```
int main () {
```

```
    int signum;
```

```
    for (signum=0; signum<NSIG; signum++) {
```

```
        fprintf(stderr, "(%2d) %8s : %s\n",
```

```
                signum, sys_signame[signum], strsignal(signum));
```

```
    }
```

```
    return 0;
```

```
}
```



## Attente d'un signal

— Primitive bloquante

— `#include <unistd.h>`

`int pause(void);`

ou

`#include <signal.h>`

`int sigsuspend(const sigset_t *sigmask);`

— bloquante jusqu'à la délivrance d'un signal

— puis action en fonction du comportement associé au signal

— Attention : sans `pause` la délivrance d'un signal déclenche aussi le comportement associé au signal.

Cf. `Unix.pause`, `Unix.sigsuspend`.

## Envoi de signaux

- La commande `kill`
  - `kill [-signal_name] pid ...`
    - `kill [-signal_number] pid ...`
      - numéros normalisés
      - nécessite des droits

## Exemple :

(await.c)

```
int main() {
    fprintf(stderr, "[%d] pausing...\n", getpid());
    pause();
    fprintf(stderr, "[%d] terminating...\n", getpid());
    return 0;
}
```

— Exemple :

```
% kill -0 16277
```

```
% kill -KILL 16277
```

```
% kill -0 16277
```

```
bash: kill: (16277) - No such process
```

```
% kill -9 16304
```

```
% kill -USR1 16312
```

Cf. `await.ml`

Cf. `man sigaction` pour avoir la liste des signaux.

## Envoi de signaux

- Un processus envoie un signal à un autre processus désigné
  - `#include <signal.h>`
  - `int kill(pid_t pid, int sig);`
  - retourne -1 en cas d'erreur
  - signal de numéro 0 : pas de signal : test de validité de pid
- Un processus envoie un signal à lui même
  - `int raise(int sig);`
  - équivalent à : `kill(getpid(), sig);`
  - `int abort(void);`
  - équivalent à : `raise(SIGABRT);`

## Exemple :

(kill.c)

```
int main() {
    pid_t pid; int statut;
    printf("Lancement du processus %d\n", getpid());
    switch (pid = fork()) {
    case -1: exit(1);
    case 0: while(1) sleep(1); exit(1);
    default:
        printf("Processus fils %d cree\n", pid); sleep(10);
        if ( kill(pid,0) == -1 ) printf("fils %d inaccessible\n", pid);
        else {
            printf("Envoi du signal SIGUSR1 au processus %d\n", pid);
            kill(pid, SIGUSR1);
        }
        pid = waitpid(pid, &statut, 0);
        printf("Statut final du fils %d : %d\n", pid, statut); } }
```

Cf. kill.ml

%kill 0 320 fait “comme si” on envoyait un signal au processus 320. Permet de tester l’existence d’un processus.

## États d'un signal

- Un signal est *envoyé*
  - par un processus émetteur à un processus destinataire
- Un signal est *pendant* (*pending*)
  - tant qu'il n'a pas été traité par le processus destinataire
- Un signal est *délivré*
  - lorsqu'il est pris en compte par ce processus destinataire
- Pourquoi un état pendant ?
  - le signal peut être bloqué (masqué, retardé) par le processus destinataire
  - sera délivré quand il sera débloqué
  - un signal est bloqué durant l'exécution du traitement d'un signal de même type
  - il ne peut exister qu'un signal pendant d'un type donné
  - *des signaux peuvent être perdus*

## Réglage du comportement à la réception d'un signal

- Différents réglages possibles pour chaque type de signal
  - comportement par défaut
  - ignorance
  - traitement personnalisé
  - masquage (blocage)
- Comportement par défaut
  - identifié par la valeur symbolique `SIG_DFL`
  - traitement propre à chaque type de signal : terminaison, ignorance, suspension, etc.
- Ignorance d'un signal
  - identifié par la valeur symbolique `SIG_IGN`
  - le signal est délivré, mais le comportement est de ne rien faire

## Réglage du comportement à la réception d'un signal

- Traitement personnalisé
  - exécuté par le processus destinataire du signal
  - Le prototype de la fonction de traitement est :  
`void handler(int signom)`  
donc de type `void (*phandler) (int)`
    - paramètre : numéro du type de signal
  - Retour au code interrompu après l'exécution de la fonction de traitement du signal
    - Attention : le retour après le traitement d'un signal **SIGSEGV**, **SIGILL** ou **SIGFPE** est dangereux (le problème doit être résolu)
- Masquage de signaux
  - pour chacun des signaux indiquer si on le bloque ou non



## Manipulation d'ensembles de signaux

— Type ensemble de signaux

— `sigset_t`

— défini dans `<signal.h>`

— Initialisation

— à vide

```
int sigemptyset(sigset_t *psigset);
```

— à plein

```
int sigfillset(sigset_t *psigset);
```

— Ajout et suppression

```
int sigaddset(sigset_t *psigset, int sig);
```

```
int sigdelset(sigset_t *psigset, int sig);
```

— Test d'appartenance

```
int sigismember(sigset_t *psigset, int sig);
```

## Installation d'un masque de blocage

— Installation manuelle d'un nouveau masque

— `int sigprocmask(int op, sigset_t *new, sigset_t *old);`

— Le paramètre `op` détermine le nouvel ensemble :

op	nouveau masque
SIG_SETMASK	*new
SIG_BLOCK	*new    *old
SIG_UNBLOCK	*old - *new

— récupère l'ancien masque dans `old`

— Liste des signaux pendants masqués

`int sigpending(sigset_t *pending);`

## Exemple :

masque.c

```
sigset_t ens1, ens2; int sig;
int main () {
    sigemptyset(&ens1);
    sigaddset(&ens1, SIGINT);
    sigaddset(&ens1, SIGQUIT);
    sigaddset(&ens1, SIGUSR1);
    sigprocmask(SIG_SETMASK, &ens1, NULL);

    raise(SIGINT);
    kill(getpid(), SIGINT); /* equivalent a raise(SIGINT) */
    kill(getpid(), SIGUSR1);
}
```

## Exemple :

masque.c

```
sigpending(&ens2);
printf("Signaux pendants : ");
for(sig = 1; sig < NSIG; sig++)
    if (sigismember(&ens2, sig)) printf("%d ", sig);
putchar('\n');
sleep(10);

sigemptyset(&ens1);
printf("Deblocage de tous les signaux\n");
sigprocmask(SIG_SETMASK, &ens1, NULL);
printf("Fin du processus\n");
exit(0);
}
```

## Traitement de signal personnalisé

- La primitive `sigaction`
  - `int sigaction(int signum, const struct sigaction *act, struct sigaction *oldact);`
  - installe le traitant `act`
  - récupère l'ancien traitant dans `oldact`

## Traitement de signal personnalisé

— La structure `sigaction`

```
— struct sigaction {  
    void (*sa_handler) (int);  
    sigset_t sa_mask;  
    int sa_flags;  
}
```

— la fonction `sa_handler` est le traitement

— cette fonction peut en particulier être égale à `SIG_DFL` ou `SIG_IGN`

— les signaux `sa_mask` seront masqués durant l'exécution de la fonction

— `sa_flags` : options (cf. man `sigaction`)

## Traitement de signal personnalisé (“no control-C” : nocc.c)

```
#define NSIGMAX 5
void set_default() {
    struct sigaction sa;
    sa.sa_handler = SIG_DFL;
    sigemptyset(&sa.sa_mask);
    sa.sa_flags = 0;
    sigaction(SIGINT, &sa, NULL);
}
void int_handler(int sig) {
    static int nsig = 0;
    if (nsig++ < NSIGMAX) printf(" C-c won't kill me\n");
    else { printf(" unless you insist...\n"); set_default(); }
}
int main () {
    struct sigaction sa;
    sa.sa_handler = int_handler; sigemptyset(&sa.sa_mask); sa.sa_flags = 0;
    sigaction(SIGINT, &sa, NULL);
    for(;;) { pause(); }
    fprintf(stderr, "bye\n");
    return 0;
}
```

# Possible perte de signaux


(rafale.c)

```
void handler(int sig) {
    static int nusr1 = 0;
    switch (sig) {
        case(SIGUSR1): nusr1++; break;
        case SIGINT: printf("signaux recus: %d\n", nusr1); exit(EXIT_SUCCESS);
        default: ;
    }
}

int main (int argc, char *argv[]) {
    struct sigaction sa; int nsig, i;
    nsig = atoi(argv[1]);
    sa.sa_handler = handler; sigemptyset(&sa.sa_mask); sa.sa_flags = 0;
    sigaction(SIGINT, &sa, NULL); sigaction(SIGUSR1, &sa, NULL);
    switch(fork()) {
        case 0:
            for(i=0; i<nsig; i++) kill(getppid(), SIGUSR1);
            printf("bye\n"); exit(EXIT_SUCCESS);
        default: for(;;) { sleep(1); }
    }
    exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

aneto.local: gcc rafale.c

aneto.local: a.out 10

aneto.local:  L3, 2016-2017



## Correction de faute nécessaire

(no “core dump” : nocd.c)

```
void handler(int sig) {
    fprintf(stderr, "I will not core dumped...\n");
}

int main () {
    char *c;
    struct sigaction sa;
    sa.sa_handler = handler;
    sigemptyset(&sa.sa_mask);
    sa.sa_flags = 0;
    sigaction(SIGSEGV, &sa, NULL);
    for (c = ((char *) sbrk(0)); ; c++) *c = 'a';
    fprintf(stderr, "bye\n");
    exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

## Temporisation

- Interrompre le processus au bout d'un délai
  - réception d'un signal SIGALRM à l'expiration du délai
  - requête au système de délivrance du signal
- Armement du minuteur
  - `#include <unistd.h>`  
`unsigned int alarm(unsigned int seconds);`
  - un seul minuteur par processus
  - un nouvel armement annule le précédent
  - délai nul supprime la requête

# Temporisation

(quizz.c)

```
#define LINE_MAX 128
#define DELAY 10
void beep(int sig) { printf("\ntrop tard..\n"); }
int main () {
    struct sigaction sa;
    char answer[LINE_MAX];
    sa.sa_handler = beep; sigemptyset(&sa.sa_mask); sa.sa_flags = 0;
    sigaction(SIGALRM, &sa, NULL);
    printf("Reponse ? ");
    alarm(DELAY); /* produit le signal ALARM apres DELAY secondes */
    if (fgets(answer, LINE_MAX, stdin)) {
        alarm(0); /* desactive le signal ALARM */
        printf("ok...\n");
    }
    exit(EXIT_SUCCESS); }
```

## Temporisations avancées

- Temporisation par `alarm`
  - temps-réel (*wall-clock time*)
  - résolution à la seconde
- Temporisation par `setitimer` (`<sys/time.h>`)
  - `int setitimer(int which, const struct itimerval *value, struct itimerval *ovalue);`

- Trois temporisations

<code>which</code>	temporisation	signalisation
<code>ITER_REAL</code>	temps réel	<code>SIGALRM</code>
<code>ITER_VIRTUAL</code>	temps processeur en mode utilisateur	<code>SIGVTALRM</code>
<code>ITER_PROF</code>	temps processeur total	<code>SIGPROF</code>

- retourne l'ancien minuteur
- Résolution de la granularité des durées au mieux de l'implantation

Cf. commande `-time-`. Cf. module `Unix` de OCaml.

## Temporisations avancées

— La structure `timeval`

```
— struct timeval {  
    time_t    tv_sec;           /* seconds */  
    long int  tv_usec;        /* microseconds */  
};
```

— La structure `itimerval`

```
— struct itimerval {  
    struct timeval it_interval; /* timer interval */  
    struct timeval it_value;    /* current value */  
};
```

— timer périodique

— spécifie une échéance à `it_value`

— puis toutes les `it_interval`

— `it_value` à 0 : annulation

— `it_interval` à 0 : pas de réarmement

# Temporisations avancées

itmr.c

```
static struct tms start, end;
static float tics_to_seconds(clock_t tics) {
    return tics/(float)sysconf(_SC_CLK_TCK); }
void handler(int sig) {
    times(&end);
    printf("%.6f\n", tics_to_seconds(end.tms_utime - start.tms_utime));
    times(&start); }
int main () {
    struct itimerval itv; int i; struct sigaction sa;
    sa.sa_handler = handler; sigemptyset(&sa.sa_mask); sa.sa_flags = 0;
    sigaction(SIGVTALRM, &sa, NULL);
    itv.it_value.tv_sec = 0 ; itv.it_value.tv_usec = 200000;
    itv.it_interval.tv_sec = 0 ; itv.it_interval.tv_usec = 500000;
    times(&start); setitimer(ITIMER_VIRTUAL, &itv, NULL);
    for (;;) i++; exit(EXIT_SUCCESS); }
```

## Terminaison / blocage des fils

- Le processus père est prévenu par signal de la terminaison d'un de ses fils
  - signal SIGCHLD
  - comportement par défaut : ignorance
  - traitant de signal typique :
    - élimination du processus zombi
    - appel `wait` / `waitpid`
- Processus père est prévenu par signal de l'arrêt d'un des ses fils
  - signal SIGCHLD
  - comportement par défaut : ignorance
  - passage du fils dans l'état bloqué par réception de SIGSTOP ou SIGTSTP
  - le relancer par un signal SIGCONT

# Terminaison / blocage des fils

cont.c

```
static pid_t fils;
static void handler(int sig) {
    printf("[%d] a reçu le signal %d\n", getpid(), sig);
    kill(fils, SIGCONT);
}
int main() {
    struct sigaction sa;
    sa.sa_handler = handler;
    sigemptyset(&sa.sa_mask);
    sa.sa_flags = 0;
    sigaction(SIGCHLD, &sa, NULL);
    if ((fils = fork()) == 0) { /* fils */
        printf("[%d] kill(%d, %d)\n", getpid(), getpid(), SIGSTOP);
        kill(getpid(), SIGSTOP);
        kill(getpid(), SIGSTOP);
        exit(EXIT_SUCCESS);
    }
    /* pere */
    for(;;) pause();
    exit(EXIT_SUCCESS);
}
```



# Terminaison / blocage des fils

stop0.c

```
static pid_t fils;
static void handler(int sig) {
    printf("[%d] a reçu le signal %d\n", getpid(), sig);
    system("pwd");
}
int main() {
    struct sigaction sa;
    sa.sa_handler = handler;
    sigemptyset(&sa.sa_mask);
    sa.sa_flags = 0;
    sigaction(SIGCHLD, &sa, NULL);
    if ((fils = fork()) == 0) { /* fils */
        printf("[%d] kill(%d, %d)\n", getpid(), getpid(), SIGSTOP);
        kill(getpid(), SIGSTOP);
        kill(getpid(), SIGSTOP);
        exit(EXIT_SUCCESS);
    }
    /* pere */
    for(;;) pause();
    exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

## Terminaison / blocage des fils

stop.c

```
static struct sigaction sa;

static void handler(int sig) {
    printf("[%d] a reçu le signal %d\n", getpid(), sig);
    sa.sa_handler = SIG_DFL;
    sigaction(SIGCHLD, &sa, NULL);
    system("pwd");
    sa.sa_handler = handler;
    sigaction(SIGCHLD, &sa, NULL);
    kill(filz, SIGCONT);
}
```

## Contrôle du point de reprise

- Reprise au retour d'un traitant de signal
  - le code du processus là où il a été interrompu
  - en général...
- Signal dans un appel système interruptible
  - exemple : `read`, `wait`, `system`, etc.
  - l'appel système est interrompu
  - et non repris
  - il retourne, typiquement, `-1`
  - `errno` est positionnée à `EINTR`
  - c'est au programme de le relancer

# Contrôle du point de reprise

(intrwait.c)

```
static void handler(int sig) {
    pid_t pidz;
    int status;
    pidz = wait(&status);
    if (pidz == -1) { perror("handler wait"); exit(EXIT_FAILURE); }
    printf("handler wait: pidz %d, status %d\n", pidz, WEXITSTATUS(status)); }

int main() {
    struct sigaction sa;
    pid_t pidz;
    int status;
    sa.sa_handler = handler;
    sigemptyset(&sa.sa_mask);
    sa.sa_flags = 0;
    sigaction(SIGCHLD, &sa, NULL);
    if (fork() == 0) { /* fils */
        sleep(5); exit(2);
    }
    pidz = wait(&status);
    if (pidz == -1) { perror("main wait"); exit(EXIT_FAILURE); }
    printf("main wait: pidz %d, status %d\n", pidz, WEXITSTATUS(status));
    exit(EXIT_SUCCESS); }
```

## Contrôle du point de reprise

- Reprise possible des appels systèmes interrompus
- drapeau SA\_RESTART dans struct sigaction
- ```
struct sigaction sa;  
sa.sa_handler = ... ;  
sa.sa_mask = ... ;  
sa.sa_flags = SA_RESTART;  
sigaction(..., &sa, ...);
```

# Contrôle du point de reprise

(intrwaitr.c)

```
static void handler(int sig) {
    pid_t pidz;
    int status;
    pidz = wait(&status);
    if (pidz == -1) { perror("handler wait"); exit(EXIT_FAILURE); }
    printf("handler wait: pidz %d, status %d\n", pidz, WEXITSTATUS(status)); }

int main() {
    struct sigaction sa;
    pid_t pidz;
    int status;
    sa.sa_handler = handler;
    sigemptyset(&sa.sa_mask);
    sa.sa_flags = SA_RESTART;          /* XXX */
    sigaction(SIGCHLD, &sa, NULL);
    if (fork() == 0) { /* fils */
        sleep(5); exit(2);
    }
    pidz = wait(&status);
    if (pidz == -1) { perror("main wait"); exit(EXIT_FAILURE); }
    printf("main wait: pidz %d, status %d\n", pidz, WEXITSTATUS(status));
    exit(EXIT_SUCCESS); }
```