

Architecture et Systèmes

Stefan Schwoon

Cours L3, 2024/2025, ENS Paris-Saclay

Signaux

Communication entre processus:

Fichiers, tubes, sémaphores, mémoire partagée, signaux, ...

Un **signal** est un *message simple* envoyé à un processus. Il est envoyé ...

- soit par le noyau.
- soit par un autre processus.

Interface primitif pour l'interaction entre les processus.

- ⇒ utilisé pour gérer des tâches de bas niveau, p.ex. signaler que des données sont disponibles, reveiller ou terminer un processus ;
- ⇒ pas vraiment conçu pour l'échange des données.

Liste de signaux

POSIX définit une trentaine de signaux. Les systèmes d'exploitation en utilisent souvent plus (pour usage interne).

Liste des signaux : `kill -l` ou `man 7 signal`

Il est préférable d'utiliser les noms plutôt que les valeurs numériques (p.ex. pour compatibilité).

Démonstration: `victime.c`

Quelques exemples de signaux:

SIGINT – généré par Ctrl+C dans la console

SIGTERM – pour terminer un processus

SIGKILL – tuer un processus (ne peut être ignoré/annulé)

SIGUSR1 – usage libre

SIGTSTP – généré par Ctrl+Z dans la console.

SIGALRM – utilisé par sleep(3), alarm(2)

On note qu'il existent plusieurs signaux pour terminer des processus, à utiliser dans des circonstances différentes.

Transfert d'un signal

Les signaux ne sont pas instantanés; leur transfert comprend deux étapes :

Envoi: Le signal est enregistré pour processus *A* (le signal est dit *en attente*).

Livraison: Le système fait réagir processus *A* à un signal en attente.

Envoi

Appel système: `kill`

p.ex., `kill(1000, SIGTERM)` envoie le signal `TERM` au processus 1000.

→ Le noyau enregistre un signal de type `TERM` en attente pour le processus 1000.

Restrictions:

Un processus envoyant un signal doit appartenir soit à l'administrateur (`root`) soit au même utilisateur que le processus ciblé.

Pour tout processus et tout type de signal, ce signal est en attente ou non. P.ex., si le signal `TERM` est déjà en attente pour un processus, un deuxième envoi de `TERM` au même processus ne change rien.

D'autres moyens pour envoyer un signal (qui reviennent à l'appel `kill`) :

`kill` sur la ligne de commande

Dans un terminal, certaines combinaisons de clavier (Ctrl+C, +Z, +S, +Q, ...) font que le terminal envoie un signal à son "processus actuel".

Certaines fonctions arrangent pour le système d'envoyer un signal après un délai (`sleep`, `alarm`).

Démonstration: `alarm.c`

Livraison

Fonctionnement similaire aux interruptions :

1. Le système décide d'ordonnancer un processus.
On vérifie d'abord l'existence d'un signal en attente.
2. Si c'est le cas, on procède avec la **livraison** du signal.
3. L'exécution normale du processus continue après cette livraison.

Disposition

L'effet d'un signal sur un processus est déterminé par sa **disposition**.

Dispositions possibles :

Ign (bloquer le signal) ;

Term (terminer le processus) ;

Core (terminer et créer un *core*) ;

Stop/Cont (suspendre/continuer le processus) ;

gestionnaire de signal individuel.

Voir aussi `signal(7)`.

Modifier la disposition d'un signal

Un processus peut modifier sa disposition pour un signal avec `signal(2)` (déconseillé) ou `sigaction(2)`.

Pour certains signaux, la disposition ne peut être modifiée (notamment SIGKILL).

Un *gestionnaire* individuel est un pointeur vers une fonction qui sera exécutée lors d'une livraison.

Démonstration: `sleep.c`

Attention

La livraison d'un signal peut interrompre certaines fonctions avant leur terminaison normale.

Exemples : `sleep`, `wait`

→ tester le code renvoyé par ces fonctions,
notamment quand on joue avec des signaux !

Note : pas d'interruption si disposition `lgn`.

Hérité des dispositions

Lors d'un `fork`, le fils hérite les dispositions de son père.

Cependant, `exec` remet les dispositions pour tout gestionnaire individuel à la disposition standard pour ce signal.

Signaux diverses

SIGCHLD : Envoyé lorsqu'un processus fils termine

(aussi lorsqu'il est stoppé dans certains cas, voir ci-dessus).

Peut servir comme alternative pour `wait`, lire attentivement la documentation de sigaction !

SIGALRM : Utilisé par `alarm` (et, selon la réalisation du système) par `sleep`.

Stop/Continue

SIGSTOP / **SIGCONT** : arrêter (temporairement) et continuer l'exécution d'un processus. La disposition de SIGSTOP ne peut pas être modifiée.

SIGTSTP : comme SIGSTOP, mais peut être ignoré. Envoyé par Ctrl+S dans la console (Ctrl+Q pour SIGCONT).

Groupes de processus

Chaque processus appartient à un **groupe de processus**.

Les groupes possèdent un identifiant numérique.
(typiquement identique au PID d'un membre)

`setpgid` peut changer le groupe d'un processus. Exemples :

`setpgid(p, g)` – rajoute p au groupe g

`setpgid(0, 0)` – équivalent à `setpgid(p, p)`, où p est le PID du processus

Groupes de processus et signaux

Un signal peut être envoyé à tous les membres d'un groupe.

P.ex., `kill` interprète un argument négative comme le numéro d'un groupe. (voir aussi `killpg`)

Exaeples: `kill(SIGINT, -100)` – envoyer SIGINT au groupe 100

Groupes dans le shell

Un shell est exécuté dans un **terminal**.

Le terminal possède la notion d'un *groupe de premier plan*.

Les entrées de l'utilisateur (et les signaux en raison de Ctrl+C etc) sont envoyés par le terminal à ce groupe.

Quand le shell lance un commande, il crée un nouveau groupe pour ce processus et en fait le group de premier plan.

Foreground/background jobs

Ctrl+Z dans le terminal envoie SIGTSTP au groupe *de premier plan*.

Comportement par défaut : Les processus s'arrêtent, le shell redevient le *processus de premier plan*.

bg et **fg** envoient SIGCONT à ce groupe ce qui leur permettra de continuer en premier plan ou en arrière plan.