Université Nice Sophia Antipolis

Signaux

Présentation: **Stéphane Lavirotte**
Auteurs: ... et al*

(*) Cours réalisé grâce aux documents de :
Stéphane Lavirotte, David Picard, Marc Pouzet,
Jean-Paul Rigault

Mail: Stephane.Lavirotte@unice.fr
Web: http://stephane.lavirotte.com/
Université de Nice - Sophia Antipolis

Université Nice Sophia Antipolis

Transition: Communication entre Processus

- ✓ Communication entre un père et son fils
  - Zone de données après `fork()` (mais à sens unique)
  - Paramètres après `exec()`
  - Tube: `pipe()`
- ✓ Communication entre deux processus sans lien
  - Pipe nommé (fichier spécial `FIFO`)
  - Communication via « vrais » Fichiers... (à bannir)
  - Communication via socket (pas abordé dans ce cours)
- ✓ Problèmes:
  - Limitations (ne permet pas de tout faire)
  - Certaines pas souhaitables (communication par fichier...)

Gestion des Signaux

« Un sourire ça change tout »

Université Nice Sophia Antipolis

Définition des Signaux

- ✓ Moyen simple de communication
  - Entre processus
  - Entre le noyau et les processus
- ✓ Signaux:
  - Evénements externes qui changent le déroulement d'un processus de manière **asynchrone**
  - Un signal peut être bloqué par le processus
  - Différentes origines des signaux (logiciel, matériel)
- ✓ Notion de signal
  - interruption terminal (^C, ^Z, ^\)
  - terminaison d'un processus fils
  - erreur arithmétique (division par 0)
  - violation de protection mémoire

Etat, action associée

- ✓ État d'un signal (action associée)
  - Ignoré (et donc perdu !)
  - Associé à son action par défaut
    - dépend du signal (rien, suspension, reprise, terminaison avec ou sans core...)
  - Associé à une action définie par l'utilisateur (piégé, capturé, « trappé »)
    - « *handler* » de signal (fonction utilisateur)
- ✓ Signal différé (masqué, bloqué)
  - Le signal est mémorisé
  - L'action sera effectuée lors du déblocage (démasquage)

Propriétés Signaux

- ✓ Aucune priorité entre les différents signaux
- ✓ L'ordre de délivrance de plusieurs signaux « simultanés » n'est pas garantie
- ✓ 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
- ✓ Donc traitement asynchrone:
  - Envoyer la commande `kill -9 pid` ne signifie pas que le processus est interrompu immédiatement
  - Mais seulement qu'il sera interrompu dès lors que celui-ci écoute !

Liste de Signaux Prédéfinis sous Unix

Signal	Val	Signification	ANSI Posix	core	Action déf.	Remarque
SIUGHUP	1	Coupure ligne terminal	P		Fin	
SIGINT	2	Interruption	A/P		Fin	^C au terminal
SIGQUIT	3	Quitter	P	✓	Fin	^\ au terminal
SIGILL	4	Instruction illégale	A/P	✓	Fin	Exception
SIGTRAP	5	Trace trap	P			
SIGABRT	6	Abort	A/P	✓	Fin	
SIGFPE	8	Exception calcul flottant	A/P	✓	Fin	Exception
SIGKILL	9	Terminaison forcée	P		Fin	ni ignorable, ni piégeable, ni blocable
SIGUSR1	10	Signal utilisateur	P		-	
SIGSEGV	11	Violation mémoire	A/P	✓	Fin	Exception
SIGUSR2	12	Signal utilisateur	P		-	

Université Nice Sophia Antipolis

Liste de Signaux Prédéfinis sous Unix

Signal	Val	Signification	ANSI Posix	core	Action déf.	Remarque
SIGPIPE	13	Écriture sur pipe sans lecteur	P		Fin	Exception
SIGALARM	14	Alarme (time-out)	P		-	
SIGTERM	15	Terminaison douce	A/P			
SIGCHLD	17	Changement état d'un fils	P		-	
SIGCONT	18	Reprise	P		Reprise	(fg et bg)
SIGSTOP	19	Suspension forcée	P		Suspension	ni ignorable, ni piégeable, ni blocable
SIGTSTP	20	Suspension douce	P		Suspension	^Z au terminal
SIGTTIN	21	Lecture terminal depuis un processus background	P		Suspension	Exception
SIGTTOUT	22	Écriture terminal depuis un processus background	P		Suspension	Exception

Université Nice Sophia Antipolis

Délivrance d'un Signal à un Processus

- ✓ Caractères spéciaux au terminal
  - ^C= INT, ^Z= TSTP, ^\,= ABRT ...
- ✓ Fonctions spéciales du Shell
  - `kill -signal pid`
    - Envoie le *signal* au processus *pid*
  - `fg` (foreground)
    - Reprend l'exécution au premier plan d'un processus suspendu
  - `bg` (background)
    - Reprend l'exécution en arrière plan d'un processus suspendu
- ✓ Primitive Posix : fonction `kill()`

```
#include <sys/types.h>
#include <signal.h>

int kill(pid_t pid, int sig)
```

Signaux et ANSI C

Les signaux définis dans la norme de programmation C

Etat d'un Signal en ANSI C Fonction signal() 1/2

```
#include <signal.h>

void (*signal(int sig, void (*ph)(int)))(int);
```

- ✓ *ou, si l'on préfère*

```
typedef void (*sighandler_t)(int);
sighandler_t signal(int sig, sighandler_t ph);
```

  - *Positionne l'action associée à la réception du signal* `sig`
  - *L'action associée est* `ph` *(« pointer to handler »)*
    - `SIG_IGN` : *signal ignoré*
    - `SIG_DFL` : *action par défaut*
    - *une fonction utilisateur (paramètre int, retour void) : piégé*
  - *Retourne l'ancienne action associée*

Université Nice Sophia Antipolis

Etat d'un Signal en ANSI C Fonction signal() 2/2

```
#include <signal.h>
void on_signal(int sig) {
  printf("*** signal %d\n", sig);
}

main() {
  void (*ph)(int);

  signal(SIGQUIT, SIG_IGN);
  ph = signal(SIGINT, SIG_IGN);
  printf("INT et QUIT ignorés\n");
  sleep(5);

  signal(SIGQUIT, on_signal);
  signal(SIGINT, on_signal);
  printf("INT et QUIT piégés\n");
  sleep(5);

  signal(SIGQUIT, SIG_DFL);
  signal(SIGINT, ph);
  printf("INT restauré "QUIT défaut\n");
  sleep(5);
}
```

```
$ test-signal
INT et QUIT ignorés
^\^CINT et QUIT piégés
^\*** signal 3
^\*** signal 3
^C*** signal 2
INT restauré QUIT défaut
^C
$
```

Signaux et Posix 1

Les signaux définis dans la norme Posix

Etat d'un Signal en Posix

- ✓ Inconvénients des signaux d'Ansi C
  - Seulement 6 signaux
  - Impossibilité de consulter l'action/état courant(e)
  - Impossibilité de bloquer (masquer) d'autres signaux pendant l'exécution du *handler*
  - Pas de possibilité d'extension
- ✓ Posix introduit de nouveaux mécanismes
  - Fonction `sigaction()` comme remplacement de `signal()`
  - Blocage (masquage) de signaux (emprunté à BSD)
  - Permet de positionner le masque et le *handler* à l'appel
- ✓ Attention à ne pas mélanger les deux appels systèmes
  - Interagissent de manière étrange
  - Recommandation de plutôt utiliser `sigaction()`

Action Associée en Posix

	Bloqué	Débloqué
Ignoré	Rien	Rien
Associé à l'action par défaut	Action différée au déblocage	Action immédiate
Piégé	Exécution du *handler* différée au déblocage	Exécution du *handler* immédiate

Université Nice Sophia Antipolis

Masque des Signaux Posix 1/2

```
#include <signal.h>
int sigprocmask(int how,
                const sigset_t *set,
                sigset_t *old_set);
```

- ✓ `set` **contient l'ensemble des signaux à masquer ou démasquer**
- ✓ `how` **détermine la fonction à effectuer**
  - `SIG_BLOCK` : **bloque les signaux de** `set`
  - `SIG_UNBLOCK` : **débloque les signaux de** `set`
  - `SIG_SETMASK` : **positionne le masque du processus à** `set`
- ✓ `old_set` **contient l'ancien masque**

```
int sigpending(sigset_t *set);
```

- ✓ `sigpending` **retourne les signaux bloqués en attente**

Université Nice Sophia Antipolis

Masque des Signaux Posix 2/2

- ✓ **Ensemble de signaux**
  - **Ensemble de bits, 1 bit par signal**

- ✓ **Fonctions de manipulation**

```
#include <signal.h>

int sigemptyset(sigset_t *set);
int sigfillset(sigset_t *set);
int sigaddset(sigset_t *set, int sig);
int sigdelset(sigset_t *set, int sig);
int sigismember(const sigset_t *set, int sig);
```

Fonction sigaction()

```
#include <signal.h>
int sigaction(int sig,
              const struct sigaction *actp,
              struct sigaction *old_actp);
```

- ✓ **Champs de** `struct sigaction`
  - `void (*sa_handler)(int)`
    - **fonction de capture (identique à** `signal()`**)**
  - `sigset_t sa_mask`
    - ***masque des signaux à bloquer lors de l'exécution du handler***
  - `int sa_flags`
    - **utile seulement pour** `SIGCHLD`

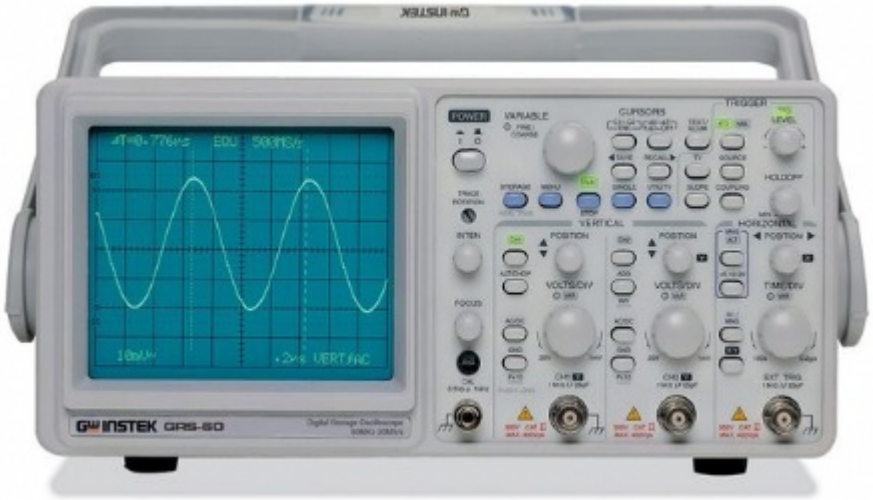
Exemple sigaction() 1/2

```
#include <signal.h>

void on_signal(int sig) {
  printf("*** signal %d\n", sig);
  sleep(5);
  printf("*** fin handler\n");
}

main() {
  struct sigaction sigact;
  sigset_t msk_int, msk_quit;

  sigemptyset(&msk_int);
  sigaddset(&msk_int, SIGINT);
  sigemptyset(&msk_quit);
  sigaddset(&msk_quit, SIGQUIT);
  sigact.sa_handler = on_signal;
  sigact.sa_mask = msk_quit;
  sigaction(SIGINT, &sigact, NULL);
  sigact.sa_mask = msk_int;
  sigaction(SIGQUIT, &sigact, NULL);
  printf("INT et QUIT piégés\n");
  sleep(10);
}
```

```
$ test-sigaction
INT et QUIT piégés
^C*** signal 2
^\^\*** fin handler
*** signal 3
*** fin handler
$
```

Durée de Vie du *Handler*

- ✓ Lorsque la fonction `sigaction()` est utilisée pour piéger un signal
  - le *handler* est valide jusqu'à ce qu'un prochain `sigaction()` l'invalide
- ✓ En revanche la durée de vie du *handler* établi par `signal()` est dépendante de l'implémentation
  - après réception du signal, l'action par défaut est rétablie
  - on est donc souvent conduit à réarmer le *handler* dans le *handler* lui-même (cas d'Unix SVR4, de Solaris...)



Signaux et autres Fonctions

Université Nice Sophia Antipolis

Interaction entre les Signaux et les primitives `fork()` et `exec()`

- ✓ Attributs de processus
  - État des signaux (ignoré, action par défaut, piégé)
  - Masque des signaux bloqués
- ✓ Héritage de l'état et du masque lors d'un `fork()`
- ✓ Transmission de l'état et du masque à travers un `exec()`
  - sauf pour les signaux piégés qui sont rétablis à l'action par défaut

Autres Fonctions liées au Signaux

```
#include <unistd.h>

int sleep(unsigned int seconds);
```

- Suspend le processus pendant le nombre de secondes indiqués, ou jusqu'à ce qu'un signal (non ignoré) arrive

```
#include <unistd.h>

int pause();
```

- Suspend le processus jusqu'à ce qu'un signal (non ignoré) arrive
- Cette fonction retourne après que le *handler* (éventuel) ait été exécuté

Point de Reprise

- ✓ Motivation
  - Permettre d'abandonner une fonction pour reprendre le traitement à un niveau plus élevé dans la chaîne (dynamique) d'appel
  - Mécanisme primitif d'exception
  - Goto non local

```
main() {
  while (…) {
    cmd = read_cmd();
    execute(cmd);
  }
}

void execute(char *cmd) {
  decode(cmd);
  expand(cmd);
  run(cmd);
}

void decode(char *cmd) {
    if (bad(cmd)) ?????
}
```

Points de reprise en Ansi C `setjmp()` et `longjmp()` 1/2

```
#include <setjmp.h>
int setjmp(jmp_buf env);
int longjmp(jmp_buf env, int v);
```

- ✓ `setjmp()` **positionne un point de reprise**
  - **les informations sont mémorisées dans** `env`
  - `env` **doit être une variable globale**
  - **lors du premier passage,** `setjmp()` **retourne 0**
- ✓ `longjmp()` **se branche au point de reprise** `env`**, cad au** `setjmp()` **correspondant**
  - **la valeur** `v` **est alors retournée par** `setjmp()` **(ou 1 si v = 0)**
  - **l'environnement** `env` **doit être actif**

Points de reprise en Ansi C setjmp() et longjmp() 1/2

```
jmp_buf env;



main() {

  while (…) {
    if (setjmp(env) > 0)
      puts("Again!");
    cmd = read_cmd();
    execute(cmd);
  }
}
```

```
void execute(char *cmd) {
  decode(cmd);
  expand(cmd);
  run(cmd);
}

void decode(char *cmd) {
  if (bad(cmd))
    longjmp(env, 1);
}
```

Points de reprise en Ansi C setjmp() et longjmp() 1/2

```
jmp_buf env;

void on_int(int sig) {
  long_jmp(env, 2);
}

main() {
  signal(SIGINT, on_int);
  while (…) {
    if (setjmp(env) > 0)
      puts("Again!");
    cmd = read_cmd();
    execute(cmd);
  }
}
```

```
void execute(char *cmd) {
  decode(cmd);
  expand(cmd);
  run(cmd);
}

void decode(char *cmd) {
  if (bad(cmd))
    longjmp(env, 1);
}
```

Points de reprise Posix `sigsetjmp()` et `siglongjmp()`

- ✓ Les fonctions `setjmp()` et `longjmp()` ne sauvegardent pas (et donc ne restaurent pas) le masque des signaux bloqués
- ✓ Posix a donc introduit `sigsetjmp()` et `siglongjmp()`
  - utilisation identique (`sigsetjmp` a 2 arguments)
  - à préférer aux versions Ansi C
- ✓ Dans les deux cas , les variables locales sont dans un état indéfini après un `longjmp()`
  - à moins d'avoir été déclarées `volatile`

Variable `volatile` ?

- ✓ Volatile
  - Qualifier un type particulier
  - Prévient le compilateur que cette variable peut être modifiée de manière extérieure au flot normal du programme
    - `longjmp()` ou `siglongjmp()`
    - Entrée/Sortie
    - Threads
    - Interruption ou signal
    - ...
  - Aucune optimisation du compilateur ne doit être appliquée à cette variable
    - Relue en mémoire à chaque accès
    - Pas mise dans un registre temporaire
    - Ralentit le code, mais le protège
- ✓ Existe dans les langages modernes
  - C, C++, C# et Java

Bilan d'étape

... Avant la suite ... et fin

Synthèse de ce qui a été vu jusqu'à présent

- ✓ Nous avons vu:
  - Exécution des programmes
    - Debugging de programmes
    - Et chargement dynamique de bibliothèques
  - Gestion des Processus
    - Pour aller sur une première abstraction qui est le processus
    - Puis la notion de processus léger (thread)
  - Gestion des entrées-sorties
    - Accès aux fichiers
    - Redirection
    - Tubes anonymes et nommés
  - Puis les signaux
    - Moyen de communiquer entre les processus
- ✓ Pour avoir une vue complète des fonctionnalités d'un système d'exploitation, il nous manque...
  - La Gestion Mémoire (objet du prochain cours)

Université Nice Sophia Antipolis

InterProcess Communication (IPC)

- ✓ Méthodes de communication Inter-Processus
  - Fichier (beuk!... pas efficace)
  - Signal (communication asynchrone)
  - Tube (communication entre processus apparentés)
  - Tubes nommés (différent d'un système à l'autre)
  - Socket (communication entre processus)

- ✓ Mais aussi (que nous ne verrons pas dans ce cours)
  - Message Queue
  - Message Passing
  - Mémoire partagée
  - Fichier en mémoire