Gestion des Signaux

Université François Rabelais de Tours
Faculté des Sciences et Techniques
Antenne Universitaire de Blois

Licence Sciences et Technologies

Mention : Informatique

2ème Année

Mohamed TAGHELIT
taghelit@univ-tours.fr

La Gestion des Signaux

- Identification des signaux
- États et prise en compte d'un signal
- Émission des signaux
- Installation d'un gestionnaire de signaux
- Fonctions POSIX de manipulation de signaux
- Opérations sur les ensembles de signaux

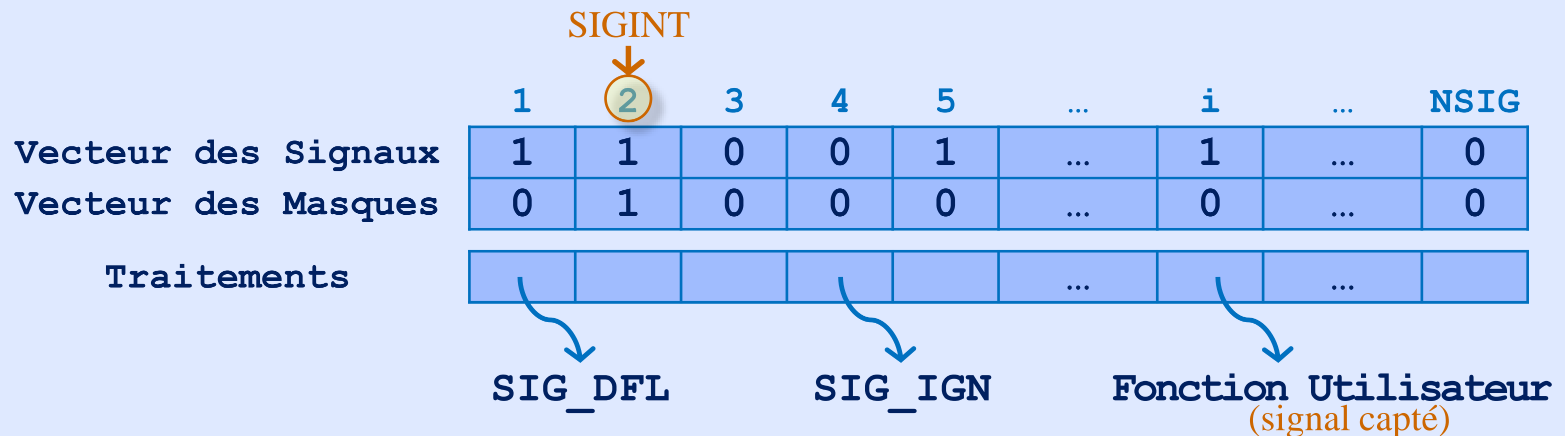
Identification des Signaux

- Les signaux constituent un mécanisme de communication asynchrone inter-processus :
  - notions donc d'émission/réception de signal
  - la réception correspond au positionnement d'un drapeau dans le bloc de contrôle
- **NSIG** types de signaux différents (**`<bits/signum.h>`**) identifiés par des entiers (**`[1..NSIG]`**).
- Chaque signal possède un nom symbolique de préfixe **`SIG`**

  `SIGHUP, SIGINT, SIGKILL,` …
- Un événement particulier est associé à tout signal.
- Le type est la seule information véhiculée par un signal (l'événement associé peut ou pas s'être produit).
- L'événement associé à un signal peut être soit :
  - un événement externe au processus (frappe de caractère sur un terminal, terminaison d'un autre processus, …)
  - un événement interne au processus (erreur arithmétique, violation mémoire, …)

États et Prise en Compte d'un Signal

- **Un signal peut être dans l'un des états suivants :**
  - **pendant** : signal émis mais pas encore pris en compte.
    Un seul exemplaire d'un même type de signal peut être pendant.
  - **traité** : signal pris en compte par le processus au cours de son exécution.
  - **bloqué** ou masqué : signal dont la délivrance est volontairement différée (BSD et POSIX).
- **Prise en compte d'un signal**
  La délivrance d'un signal entraîne l'exécution d'une fonction (**handler**) particulière :
  - fonction **SIG_DFL**, comportement par défaut,
  - fonction **SIG_IGN**, ignorer le signal,
  - fonction utilisateur (le signal est capté).
- **Lors de l'exécution du gestionnaire d'un signal, ce dernier est bloqué**



Liste des Signaux de Base

Nom du signal	Événement associé	Traitement par défaut
SIGHUP	Terminaison du processus leader de session	(1)
SIGINT	Frappe du caractère **intr** sur le clavier du terminal de contrôle	(1)
SIGQUIT	Frappe du caractère **quit** sur le clavier du terminal de contrôle	(2)
SIGILL	Détection d'une instruction illégale	(2)
SIGABRT	Terminaison anormale provoquée par l'exécution de la fonction **abort**	(1)
SIGFPE	Erreur arithmétique (division par zéro, …)	(1)
SIGKILL	Signal de terminaison	(1)*
SIGSEGV	Violation mémoire	(2)
SIGPIPE	Écriture dans un tube sans lecteur	(1)
SIGALRM	Fin de temporisation (fonction **alarm**)	(1)
SIGTERM	Signal de terminaison	(1)
SIGUSR1	Signal émis par un processus utilisateur	(1)
SIGUSR2	Signal émis par un processus utilisateur	(1)
SIGCHLD	Terminaison d'un fils	(3)
SIGSTOP	Signal de suspension	(4)*
SIGTSTP	Frappe du caractère **susp** sur le clavier du terminal de contrôle	(4)
SIGCONT	Signal de continuation d'un processus stoppé	(5)*
SIGTTIN	Lecture par un processus en arrière-plan	(4)
SIGTTOU	Écriture par un processus en arrière-plan	(4)
SIGIO	Avis d'arrivée de caractères à lire	(1)
SIGURG	Avis d'arrivée de caractères urgents	(1)

(1) terminaison du processus, (2) terminaison du processus avec image mémoire (fichier **core**),
(3) signal ignoré (sans effet), (4) suspension du processus,
(5) continuation : reprise d'un processus stoppé et ignoré sinon.
* : signal ne pouvant être ni bloqué ni ignoré

Les Primitives d'Émission d'un Signal

- Un processus peut émettre un signal vers un autre (groupe de) processus

```
#include <sys/types.h>
#include <signal.h>
      int kill(pid_t pid, int sig);
      int raise(int sig);
```

ID du processus cible

numéro du signal à émettre

pid	Cible(s) du signal
> 0	processus d'identifiant **pid**
= 0	tous les processus du même groupe que l'appelant
= -1	tous les processus accessibles par le processus appelant sauf **init**
< -1	tous les processus du groupe d'identifiant **-pid**

sig	Signal concerné
< 0 OU > NSIG	valeur incorrecte
= 0	pas d'émission (test d'existence du destinataire)
∈ [1..NSIG]	signal de numéro **sig**

- Valeur de retour :
  - 0 en cas de succès (au moins un signal a été envoyé)
  - -1 en cas d'erreur (et **errno** est modifiée en conséquence).

Installation d'un Gestionnaire de Signaux

- Un processus peut modifier le traitement associé à la réception de certains signaux

```
#include <signal.h>
      sighandler_t signal(int signum, sighandler_t handler);
```

Numéro du signal

Gestionnaire du signal

- Installe le gestionnaire spécifié par **handler** pour le signal **signum**.
- Valeur de retour :
  - en cas de succès, un pointeur sur la valeur antérieure du **handler**,
  - **SIG_ERR** en cas d'erreur.

handler	Événement lors de l'arrivée du signal
SIG_IGN	le signal est ignoré
SIG_DFL	exécution de l'action par défaut associée au signal
fonction utilisateur	appel de la fonction utilisateur avec l'argument **signum**

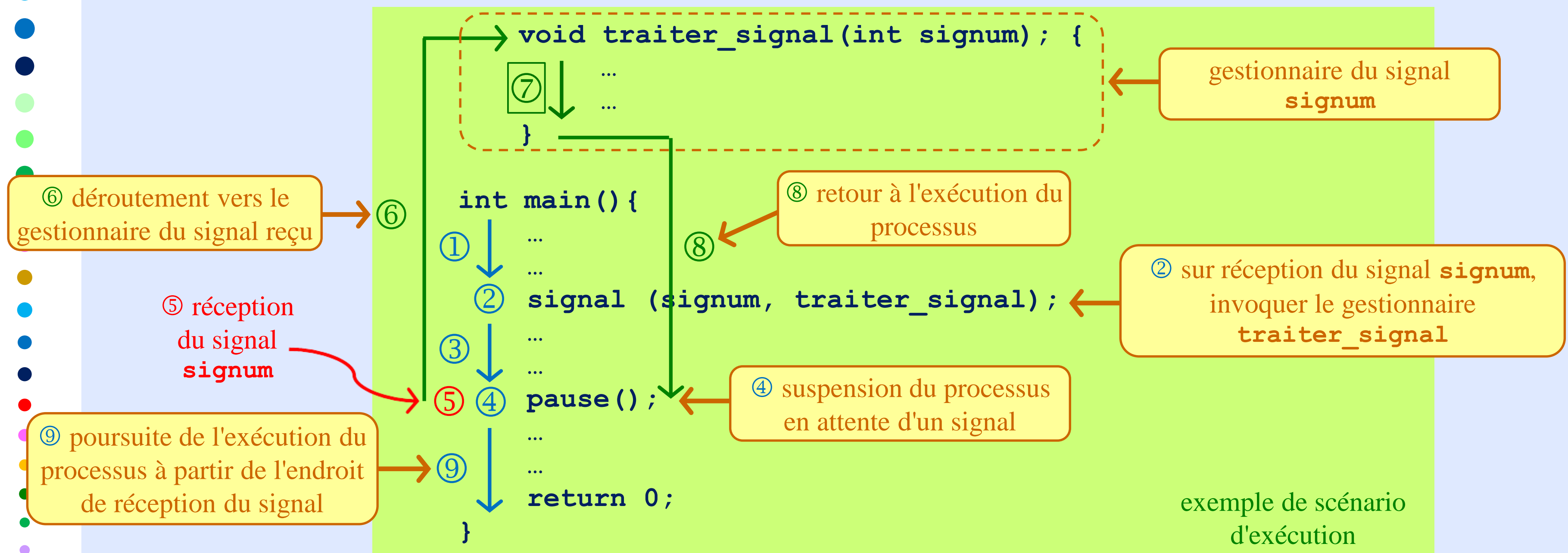
- Par défaut, durant l'exécution d'un gestionnaire, le signal qui l'a provoquée est bloqué. Le signal est débloqué au retour du gestionnaire.

Attente d'un Signal

- Un processus peut à tout moment suspendre son exécution en attente de la réception d'un quelconque signal.

```
#include <unistd.h>
      int pause(void);
```

- Valeur de retour :
  - -1 et **errno=EINTR** (après réception du signal et retour de la fonction de gestion de ce même signal).



Traitements associés à un Signal

❑ Programme **signal_dfl.c** (associer le traitement par défaut)

```
int main(){
    printf("Avant le \"pause\" !\n");
    pause();
    printf("Après le \"pause\" !\n");
    return 0;
}
```

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

❑ Exécution de **signal_dfl.c**

```
[student]$ ./signal_dfl
Avant le "pause" !
^C
[student]$
```

frappe au clavier de **Ctrl+c** (correspondant à l'émission du signal **SIGINT** au processus)

la réception du signal **SIGINT** interrompe le processus

❑ Programme **signal_ign.c** (ignorer un signal)

```
int main(){
    signal(SIGINT, SIG_IGN);
    printf("Avant le \"pause\" !\n");
    pause();
    printf("Après le \"pause\" !\n");
    return 0;
}
```

spécifie que le signal **SIGINT** doit être ignoré

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

❑ Exécution de **signal_ign.c**

```
[student]$ ./signal_ign
Avant le "pause" !
^C^C^C^C^C^C^C^C^C^C^C^C^\Quitter
[student]$
```

frappes successives au clavier de **Ctrl+c**

la réception du signal **SIGINT** n'interrompe pas le processus, il est ignoré

frappe au clavier de **Ctrl+** (correspondant à l'émission du signal **SIGQUIT** au processus)

Exemple d'un Signal Capté

- Programme **signal_spec.c** (associer un traitement spécifique)

```
void traiter_signal(int signum){
printf("Signal numéro %d reçu !\n", signum);
}

int main(int argc, char **argv){
    signal(SIGINT, traiter_signal);
    while(1){
        printf("Avant le \"pause\" !\n");
        pause();
        printf("Après le \"pause\" !\n");
    }
    return 0;
}
```

fonction utilisateur (gestionnaire)

spécifie que sur réception du signal **SIGINT**, le gestionnaire **traiter_signal** doit être invoqué

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

- Exécution de **signal_spec.c**

```
[student]$ ./signal_spec
Avant le "pause" !
^CSignal numéro 2 reçu !
Après le "pause" !
Avant le "pause" !
^CSignal numéro 2 reçu !
Après le "pause" !
Avant le "pause" !
^\Quitter
[student]$
```

affiché par la fonction **traiter_signal**

la frappe au clavier de **Ctrl+c** entraine l'exécution du gestionnaire **traiter_signal** puis la reprise de l'exécution du processus à l'instruction qui suit celle interrompue par le signal

la frappe au clavier de **Ctrl+** entraine la terminaison du processus (signal ni ignoré, ni capté)

Caractéristiques de la Fonction signal

- Réinitialisation du comportement par défaut après toute occurrence du signal (systèmes Unix d'origine), sinon

```
void traiter_signal(int signum){
   signal(SIGINT, traiter_signal);
   printf("Signal numéro %d reçu !\n", signum);
}
```

Réinitialiser le traitement voulu pour la future occurrence du signal

- Possibilités d'ignorer ou de capter uniquement un signal (pas de blocage).

- Impossibilité de connaître le traitement courant associé à un signal sans le modifier.

- Interruption des appels système.

Préférer l'utilisation de **`sigaction()`**

Fonctions POSIX de Manipulation de Signaux

- Installation d'un gestionnaire de signal.

```
#include <signal.h>
        int sigaction(int signum, const struct sigaction *act,
                      struct sigaction *oldact);
```

numéro du signal concerné (signum)

décrit le gestionnaire à installer (act)

sauvegarde le précédent gestionnaire (oldact)

- Permet de déterminer ou de modifier l'action associée à un signal particulier.
  - Si **act** ≠ **NULL**, il s'agit d'une modification de l'action associée au signal **signum**.
  - Si **oldact** ≠ **NULL**, l'ancienne action pour le signal **signum** est sauvegardée dans **oldact**.
  - Si **act** = **NULL** et **oldact** = **NULL**, test de la validité du signal

```
struct sigaction {
    void (*sa_handler)(int);   /* adresse du handler, ou SIG_IGN, ou SIG_DFL */
    sigset_t sa_mask;          /* signaux additionnels à bloquer */
    int sa_flags;              /* options :
    SA_RESETHAND : restaurer l'action par défaut après exécution du gestionnaire
    SA_NODEFER : ne pas empêcher la réception du signal concerné
    SA_RESTART : Sémantique BSD, reprise appels systèmes lents interrompus
    …  */
    …
}
```

- Valeur de retour :
  - 0 en cas de succès
  - -1 en cas d'erreur (et **errno** est modifiée en conséquence).

Exemple d'un Signal Capté

❑ Programme **sigaction_spec.c** (associer un traitement spécifique)

```
void traiter_signal(int signum){
    printf("\t\tDébut gestionnaire !\n");
    sleep(5);
    printf("\t\tFin gestionnaire !\n");
}
```

fonction utilisateur (gestionnaire)

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

```
int main(int argc, char **argv){
struct sigaction fonc;
char buf[128];
fonc.sa_handler = traiter_signal;

    // fonc.sa_flags = SA_RESETHAND;
    // fonc.sa_flags = SA_NODEFER;
    // fonc.sa_flags = SA_RESTART;

    if ( sigaction(SIGINT, &fonc, NULL) == -1 )
        perror("Erreur sigaction !\n");
    else
        printf("Installation du gestionnaire pour SIGINT\n");

    while(1){
        printf("\tAvant le \"pause\" !\n");
        pause();
        printf("\tAprès le \"pause\" !\n");
    }
    return -1;
}
```

initialise la structure **sigaction** en spécifiant que le gestionnaire est la fonction **traiter_signal**

option 1

option 2

option 3

installe le gestionnaire **traiter_signal** (spécifié dans **fonc**) pour le signal **SIGINT**

code 1

```
printf("\tAvant la lecture !\n");
read(STDIN_FILENO, buf, sizeof(buf));
printf("\tAprès la lecture !\n");
```

code 2

à utiliser avec l'option **3** en remplacement du code **1**

Exemple d'un Signal Capté

❑ Exécution de **sigaction_spec.c** (code 1 sans aucune option)

```
[student]$ ./sigaction_spec
Installation du gestionnaire pour SIGINT
    Avant le "pause" !
^C      Début gestionnaire !
^C^C
        Fin gestionnaire !
        Début gestionnaire !
        Fin gestionnaire !
    Après le "pause" !
    Avant le "pause" !
^\Quitter
[student]$
```

première exécution de la fonction **traiter_signal**

deuxième exécution de la fonction **traiter_signal**

le signal est bloqué lors de l'exécution de son gestionnaire et une seule occurrence du signal est sauvegardée

émission du signal **SIGQUIT** (non capté) ⇒ terminaison du processus

❑ Exécution de **sigaction_spec.c** (code 1 avec l'option 1 SA_RESETHAND)

```
[student]$ ./sigaction_spec
Installation du gestionnaire pour SIGINT
    Avant le "pause" !
^C      Début gestionnaire !
        Fin gestionnaire !
    Après le "pause" !
    Avant le "pause" !
^C
[student]$
```

exécution de la fonction **traiter_signal**

le traitement par défaut est rétabli après la réception du premier signal **SIGINT**
la réception du second signal **SIGINT** termine le processus.

Exemple d'un Signal Capté

❑ Exécution de **sigaction_spec.c** (code 1 avec l'option 2 SA_NODEFER)

```
[student]$ ./sigaction_spec
Installation du gestionnaire pour SIGINT
    Avant le "pause" !
^C      Début gestionnaire !
^C      Début gestionnaire !
        Fin gestionnaire !
        Fin gestionnaire !
    Après le "pause" !
    Avant le "pause" !
^\Quitter
[student]$
```

première exécution de la fonction **traiter_signal**

deuxième exécution de la fonction **traiter_signal**

le signal n'est pas bloqué lors de l'exécution de son gestionnaire

❑ Exécution de **sigaction_spec.c** (code 2 sans option)

```
[student]$ ./sigaction_spec
Installation du gestionnaire pour SIGINT
    Avant la lecture !
^C      Début gestionnaire !
        Fin gestionnaire !
    Après la lecture !
    Avant la lecture !
^\Quitter
[student]$
```

l'appel système **read** est interrompu

affichage de "**Après la lecture !**" suite à l'interruption de l'appel système **read**

❑ Exécution de **sigaction_spec.c** (code 2 avec l'option 3 SA_RESTART)

```
[student]$ ./sigaction_spec
Installation du gestionnaire pour SIGINT
    Avant la lecture !
^C      Début gestionnaire !
        Fin gestionnaire !
^\Quitter
[student]$
```

l'appel système **read** n'est pas interrompu

pas d'affichage !

Test de l'Existence d'un Signal

❑ Programme **sigaction_test.c**

teste si le 1er argument passé en ligne de commande est un signal valide

```
#include <signal.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>
```

```
int main(int argc, char **argv){

    if ( sigaction( atoi(argv[1]), NULL, NULL ) == -1 )
        printf("le signal numéro ' %d ' n'existe pas !\n", atoi(argv[1]));
    else
        printf("le signal numéro ' %d ' existe !\n", atoi(argv[1]));

    return 0;
}
```

❑ Exécution de **sigaction_test.c**

```
[student]$ gcc sigaction_test.c -o sigaction_test
[student]$ ./sigaction_test -1
le signal numéro ' -1 ' n'existe pas !
[student]$ ./sigaction_test 0
le signal numéro ' 0 ' n'existe pas !
[student]$ ./sigaction_test 1
le signal numéro ' 1 ' existe !
[student]$ ./sigaction_test 13
le signal numéro ' 13 ' existe !
[student]$ ./sigaction_test 133
le signal numéro ' 133 ' n'existe pas !
[student]$
```

Consultation/Modification du Masque des Signaux

- Un processus peut récupérer ou modifier son masque de signaux.
  - Un masque de signaux est l'ensemble des signaux dont la distribution est actuellement bloquée.

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


  - Si **oldset** ≠ **NULL**, le masque courant du processus est sauvegardé dans **oldset**,
  - Si **set** ≠ **NULL**, alors **how** indique comment le masque courant du processus est modifié :

how	nouveau masque de signaux
SIG_BLOCK	{ masque courant } ∪ { **set** }
SIG_UNBLOCK	{ masque courant } \ { **set** }
SIG_SETMASK	{ **set** }

- Impossible de bloquer **SIGKILL** et **SIGSTOP** (tentatives ignorées silencieusement)
- S'il existe de quelconques signaux pendants non-bloqués après l'appel à **sigprocmask**, alors au moins un de ces signaux est délivré au processus avant le retour de la primitive.
- Valeur de retour :
  - 0 en cas de succès, et -1 en cas d'erreur (et **errno** est modifiée en conséquence).

Autres Primitives POSIX

- Un processus peut connaitre l'ensemble des signaux en attente (ou pendant)
  - Un signal en attente est un signal qui s'est déclenché (émis) en étant bloqué.

stocke l'ensemble des signaux en attente

```
#include <signal.h>
      int sigpending(sigset_t *set);
```

  - Valeur de retour, 0 en cas de succès, et -1 en cas d'erreur

- Un processus peut remplacer temporairement son masque de signaux

masque des signaux de remplacement au masque courant

```
#include <signal.h>
      int sigsuspend(const sigset_t *mask);
```

  - remplace temporairement le masque de signaux bloqués par celui fourni dans **mask** puis endort le processus jusqu'à l'arrivée d'un signal qui déclenche un gestionnaire de signal ou termine le processus (opération atomique).
  - Valeur de retour :
    -1 et **errno = EINTR** si signal capté,
    pas de retour sinon

```
…
sigprocmask(SIG_SETMASK, set, oldset);
…
      section de code critique
…
sigsuspend(oldset);
…
```

tout signal de **set** est bloqué durant l'exécution du code

Opérations sur les Ensembles de Signaux

- Un ensemble de fonctions permettent la manipulation des ensembles de signaux **POSIX**

```
#include <signal.h>
    int sigemptyset(sigset_t *set);
```

  - Initialise l'ensemble de signaux **set** à l’ensemble vide

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

  - Initialise l'ensemble de signaux **set** à l’ensemble incluant tous les signaux

```
    int sigaddset(sigset_t *set, int signum);
```

  - Inclut le signal **signum** dans l’ensemble des signaux **set**

```
    int sigdelset(sigset_t *set, int signum);
```

  - Supprime le signal **signum** de l’ensemble des signaux **set**

```
    int sigismember(const sigset_t *set, int signum);
```

  - Teste si le signal **signum** appartient à l’ensemble des signaux **set**

- Valeur de retour
  - **sigemptyset**, **sigfillset**, **sigaddset** et **sigdelset** retournent 0 en cas de succès et -1 sinon
  - **sigismember** retourne 1 si **signum** est membre de **set**, 0 sinon et -1 en cas d'erreur

Exemple de Blocage de Signaux

- Programme **block_sig.c**

```
#include <signal.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>
```

fonction qui affiche le numéro de chacun des signaux présents dans **set**

```
void afficher_signaux(sigset_t *set){
int i;
    for ( i = 1; i < NSIG; i++ )
        if ( sigismember(set, i) == 1 )
            printf("\t%d", i);
    printf("\n");
}
```

```
void traiter_signal(int signum){
printf("\t\tSignal numéro %d reçu !\n", signum);
}

int main(int argc, char **argv){
struct sigaction fonc;
sigset_t set_bloques, set_pendants;

    fonc.sa_handler = traiter_signal;
    sigaction(SIGINT, &fonc, NULL);

    if ( sigemptyset(&set_bloques) != 0) perror("Erreur sigemptyset bloqués");
    if ( sigaddset(&set_bloques, SIGQUIT) != 0) perror("Erreur sigaddset QUIT bloqués");
    if ( sigaddset(&set_bloques, SIGKILL) != 0 ) perror("Erreur sigaddset KILL bloqués");

    if ( sigprocmask(SIG_SETMASK, &set_bloques, NULL) == -1 ){
        perror("Erreur sigprocmask !"); return -1;
    }
    else printf("SIGQUIT et SIGKILL bloqués !\n");

    printf("Signaux bloqués : "); fflush(stdout); affiche_signaux(&set_bloques);
    pause();
    sigemptyset(&set_pendants);
    sigpending(&set_pendants);

    printf("Signaux pendants : "); fflush(stdout); affiche_signaux(&set_pendants);
    exit(0);
}
```

installe le gestionnaire **traiter_signal** pour le signal **SIGINT**

bloque les signaux présents dans **set_bloques** (**SIGQUIT** et **SIGKILL**)

vide le buffer **stdout**

initialise à l'ensemble vide **set_pendants**

sauvegarde dans **set_pendants** les signaux pendants (reçus mais dans l'état bloqués)

Exemple de Blocage de Signaux

❑ Exécution de **block_sig.c**

```
[student]$ gcc block_sig.c -o block_sig
[student]$ ./block_sig
SIGQUIT et SIGKILL bloqués !
Signaux bloqués :   3         9    ← ???
^\   ← l'émission du signal SIGQUIT n'a aucun effet sur le processus
^C       Signal numéro 2 reçu !  ← la réception du signal SIGINT déclenche l'exécution de traiter_signal
Signaux pendants :  3   ← le signal SIGQUIT est bien considéré comme reçu mais dans l'état bloqué
[student]$ ./block_sig
SIGQUIT et SIGKILL bloqués !
Signaux bloqués :   3         9
^Z   ← émission du signal SIGSTOP au  processus
[2]+  Stopped                 ./block_sig   ← la réception du signal SIGSTOP suspend le processus
[student]$ ps
  PID TTY          TIME CMD
 1732 pts/0    00:00:00 bash
 7121 pts/0    00:00:00 block_sig
 7122 pts/0    00:00:00 ps
[student]$ kill -SIGKILL 7121  ← émission du signal SIGKILL au  processus
[student]$ ps
  PID TTY          TIME CMD
 1732 pts/0    00:00:00 bash
 7123 pts/0    00:00:00 ps
[2]+  Processus arrêté      ./block_sig   ← la réception du signal SIGKILL termine le processus
[student]$
```

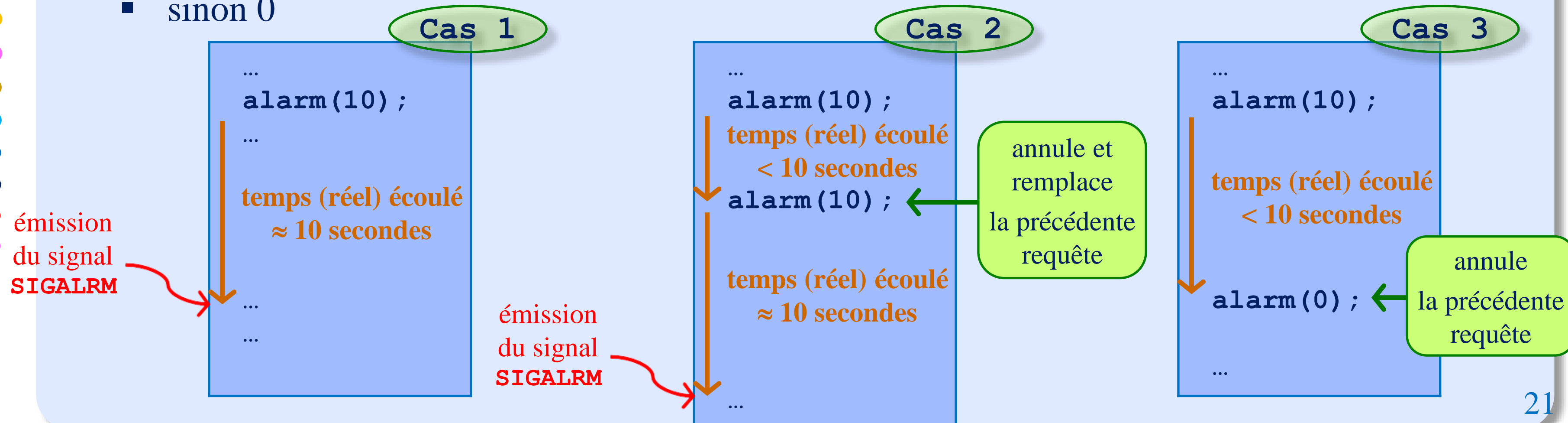
Mise en Place d'une Temporisation

- Un processeur peut demander qu'un signal **SIGALRM** lui soit envoyé au bout d'un certain temps

```
#include <unistd.h>
    unsigned int alarm(unsigned int nb_sec);
```

(durée au bout de laquelle le signal **SIGALRM** est émis au processus)

- Transmet au système une requête d'émission du signal **SIGALRM** au processus courant (appelant) dans **nb_sec** secondes
- Usage : implémentation de temporisateurs
- Si **nb_sec** = 0, alors la requête pendante précédente, s'il en existe une, est annulée
- Valeur de retour
  - s'il existe une précédente requête dont la durée n'a pas expirée, alors retour du temps restant
  - sinon 0



Programmation d'un Temporisateur

- Programme **tempo.c**

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

```c
int delai = 10;

void expiration_delai(){
    printf("\n\tLe délai de saisi a expiré ! Vous perdez %d seconde.\n", (delai > 5) ? 1 : 0);
    (delai > 5) ? delai-- : delai;
}

int main(){
char buf[128]; int nl;  int dr;
struct sigaction fonc;

fonc.sa_handler = expiration_delai;
sigaction(SIGALRM, &fonc, NULL);

while(1){
    printf("Introduire 3 noms de fruits (délai = %d secondes) : \n", delai);

    alarm(delai);

    nl = read(STDIN_FILENO, buf, sizeof(buf));
    if ( (dr = alarm(0)) > 0){
        printf("Vous avez utilisé %d seconde(s). Vous gagnez 1 seconde de plus !\n", delai-dr);
        delai++;
    }
}
return 0;
}
```

Annotations:
- `int delai = 10;` ← variable globale
- `expiration_delai` : gestionnaire du signal **SIGALRM**
- `sigaction(...)` ← installe le gestionnaire **expiration_delai** pour le signal **SIGALRM**
- `alarm(delai);` ← requête d'émission du signal **SIGALRM** au bout de **delai** secondes
- `alarm(0)` ← annule la précédente requête si existante

Programmation d'un Temporisateur

❑ Exécution de **tempo.c**

```
[student]$ gcc tempo.c -o tempo
[student]$ ./tempo
Introduire 3 noms de fruits (délai = 10 secondes) :
pomme banane poire
Vous avez utilisé 9 seconde(s). Vous gagnez 1 seconde de plus !
Introduire 3 noms de fruits (délai = 11 secondes) :
kiwi orange c
    Le délai de saisie a expiré ! Vous perdez 1 seconde.
Introduire 3 noms de fruits (délai = 10 secondes) :
kiwi cerise
    Le délai de saisie a expiré ! Vous perdez 1 seconde.
Introduire 3 noms de fruits (délai = 9 secondes) :
kiwi cerise orange
Vous avez utilisé 8 seconde(s). Vous gagnez 1 seconde de plus !
Introduire 3 noms de fruits (délai = 10 secondes) :
mangue ananas
    Le délai de saisie a expiré ! Vous perdez 1 seconde.
Introduire 3 noms de fruits (délai = 9 secondes) :
prune ana
    Le délai de saisie a expiré ! Vous perdez 1 seconde.
Introduire 3 noms de fruits (délai = 8 secondes) :
ananas prune
    Le délai de saisie a expiré ! Vous perdez 1 seconde.
Introduire 3 noms de fruits (délai = 7 secondes) :
prune a
    Le délai de saisie a expiré ! Vous perdez 1 seconde.
Introduire 3 noms de fruits (délai = 6 secondes) :
anan
    Le délai de saisie a expiré ! Vous perdez 1 seconde.
Introduire 3 noms de fruits (délai = 5 secondes) :

    Le délai de saisie a expiré ! Vous perdez 0 seconde.
Introduire 3 noms de fruits (délai = 5 secondes) :
^C
[student]$
```

introduit par l'utilisateur

expiration du délai avant introduction

Contrôle du Point de Reprise

- Un processeur peut gérer les erreurs qu'il peut rencontrer lors de son exécution en sauvegardant le contexte de pile (avant erreur avec **setjmp**) pour le restaurer ultérieurement (après erreur avec **longjmp**)

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

stocke le contexte courant

- Sauvegarde le contexte de pile courant dans **env**
- Valeur de retour
  - 0 pour un appel direct et une valeur non nulle si retour d'un appel à **longjmp**

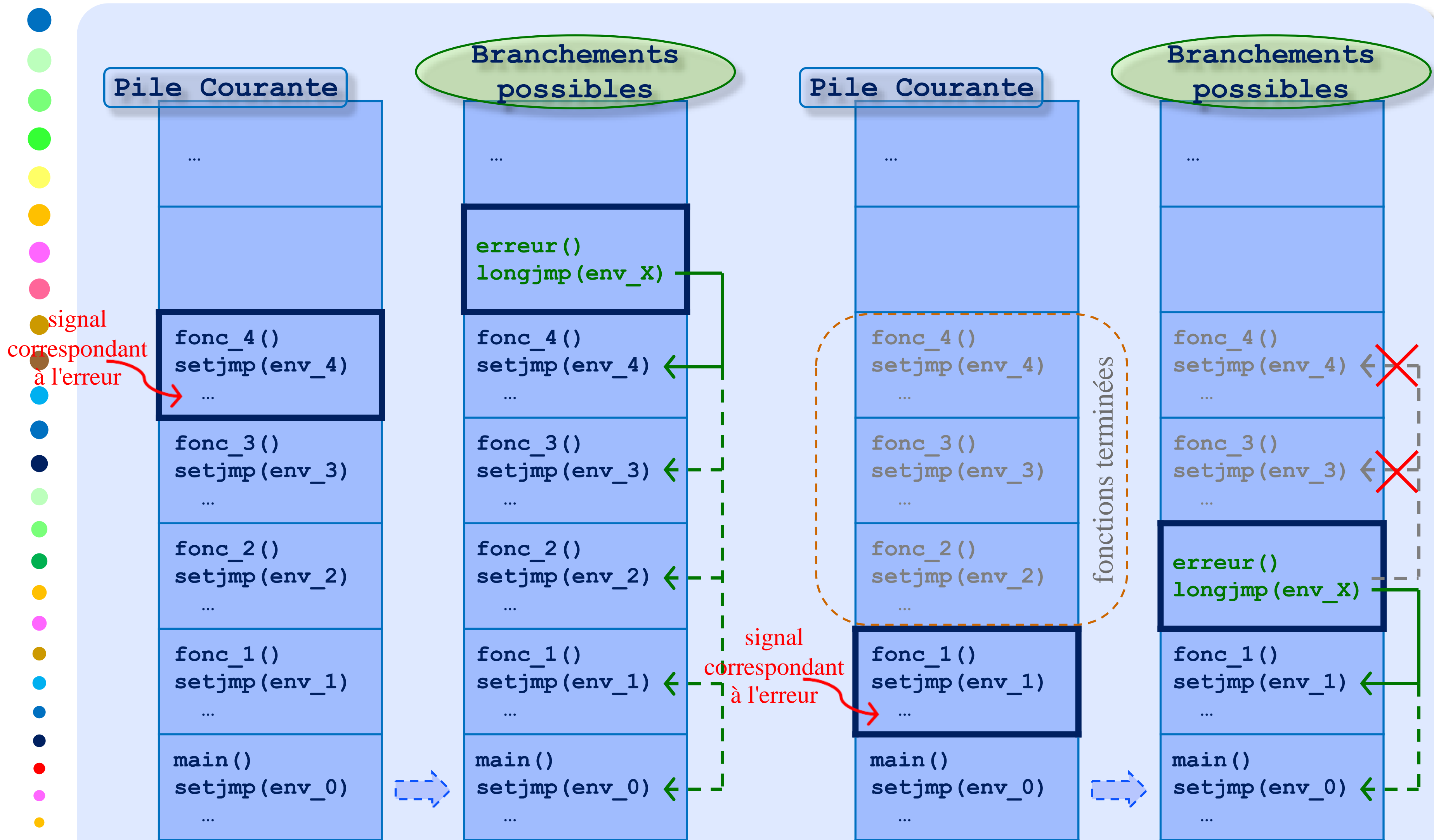
```
#include <setjmp.h>
      int longjmp(jmp_buf env, int val);
```

définit le contexte à restaurer

valeur de retour de **setjmp**

- Fonction qui ne revient jamais
- Simule un retour de l'appel à la fonction **setjmp** avec retour de la valeur **val** (si **val** = 0, alors retour de la valeur 1)
- Ces deux fonctions permettent un branchement non local
- Ces deux fonctions ne prennent pas en compte le masque de blocage des signaux

Contrôle du Point de Reprise



Sauvegarde/Restauration du Masque des Signaux

- **POSIX** ne spécifie pas si la fonction **setjmp()** doit sauvegarder le masque des signaux ni si la fonction **longjmp()** doit le restaurer.

- La fonction **longjmp()** est souvent appelée depuis un gestionnaire de signal pour retourner à la boucle principale d'un programme, au lieu d'y retourner depuis le gestionnaire (la norme **ANSI C** stipule qu'un gestionnaire de signal peut soit "retourner", soit appeler **abort**, **exit** ou **longjmp()**).

- Que devient le masque des signaux du processus si **longjmp()** est appelée ?
  - Sur plate-forme **4.3+BSD**, les fonctions **setjmp()** et **longjmp()** sauvegardent et restaurent le masque des signaux.

    4.3+BSD propose également les fonctions **_setjmp()** et **_longjmp()** qui elles ne sauvegardent pas et donc ne restaurent pas non plus le masque.
  - Sur plate-forme **SVR4**, le masque des signaux n'est pas sauvegardé pour être ensuite restauré.

Exemple de non restauration du masque

- Programme **set_longjmp.c**

```
#include <setjmp.h>
#include <signal.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
```

variables globales

```
jmp_buf env;
sigset_t set;
```

fonction qui affiche le numéro de chacun des signaux présents dans **set**

```
void affiche_signaux(sigset_t *set){
    int i;
    printf("{ ");
    for ( i = 1; i < NSIG; i++ )
        if ( sigismember(set, i) == 1 )
            printf("%d ", i);
    printf("}\n");
}
```

gestionnaire du signal **SIGINT**

```
void sig_int() {
    printf("\tDébut gestionnaire SIGINT\n");
    sigemptyset(&set); sigprocmask(0, NULL, &set);
    printf("\tSignaux actuellement bloqués : "); fflush(stdout);
    affiche_signaux(&set);

    alarm(1);
    pause();

    sigemptyset(&set); sigprocmask(0, NULL, &set);
    printf("\tSignaux actuellement bloqués : "); fflush(stdout);
    affiche_signaux(&set);
    printf("\tFin gestionnaire SIGINT par longjmp\n");
    longjmp(env, 1);
}
```

- `sigprocmask(0, NULL, &set);` : sauvegarde dans **set** le masque courant
- `alarm(1); pause();` : requière l'émission du signal **SIGALRM** au bout d'une seconde et se met en attente de réception d'un signal
- `longjmp(env, 1);` : restaure le contexte **env** sauvegardé (branchement non local)

Exemple de non restauration du masque

- Programme **set_longjmp.c** (suite)

gestionnaire du signal **SIGALRM**

```
void sig_alarm() {
    printf("Début gestionnaire ALARM\n");
    sigemptyset(&set); sigprocmask(0, NULL, &set);
    printf("Signaux actuellement bloqués : "); fflush(stdout);
    affiche_signaux(&set);
    printf("Fin gestionnaire ALARM\n");
    return;
}
```

sauvegarde dans **set** le masque courant

```
main() {
    signal(SIGINT, sig_int);
    signal(SIGALRM, sig_alarm);

    if (setjmp(env) == 0 ){
        printf("\t\tMain : Retour de setjmp\n");
        sigemptyset(&set); sigprocmask(0, NULL, &set);
        printf("\t\tSignaux actuellement bloqués : "); fflush(stdout);
        affiche_signaux(&set);
        pause();
    }
    else {
        printf("\t\tMain : Retour de longjmp\n");
        sigemptyset(&set); sigprocmask(0, NULL, &set);
        printf("\t\tSignaux actuellement bloqués : "); fflush(stdout);
        affiche_signaux(&set);
        exit(0);
    }
}
```

installent des gestionnaires pour les signaux **SIGINT** et **SIGALRM**

sauvegarde le contexte courant dans **env**

Exemple de non restauration du masque

❑ Exécution de **set_longjmp.c**

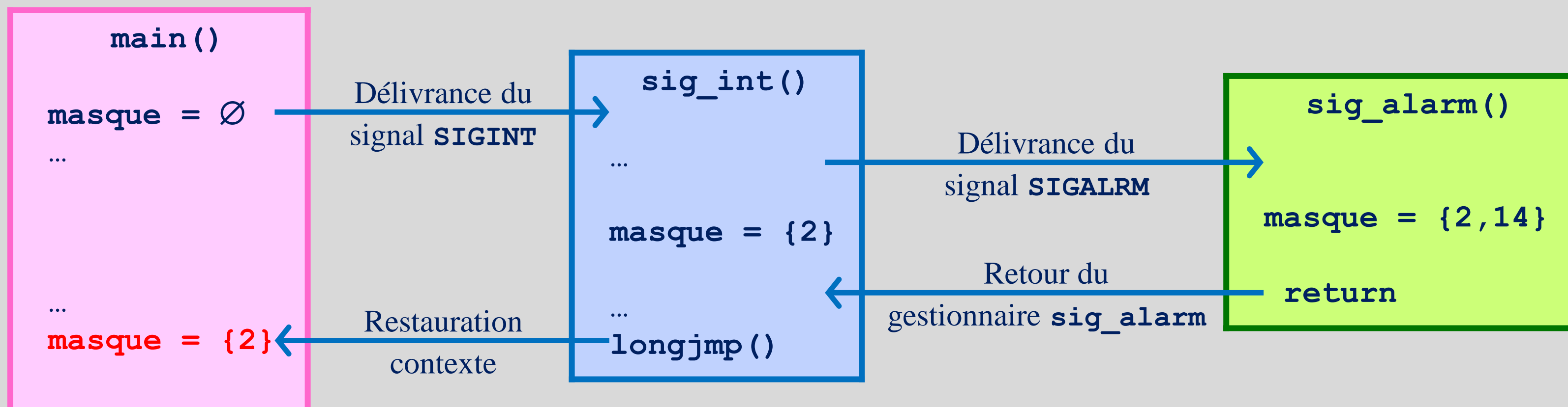
```
[student]$ gcc set_longjmp.c -o set_longjmp
[student]$ ./set_longjmp
        Main : Retour de setjmp
        Signaux actuellement bloqués : { }
^C  Début gestionnaire SIGINT
    Signaux actuellement bloqués : {2}
Début gestionnaire ALARM
Signaux actuellement bloqués : {2 14}
Fin gestionnaire ALARM
    Signaux actuellement bloqués : {2}
    Fin gestionnaire SIGINT par longjmp
        Main : Retour de longjmp
        Signaux actuellement bloqués : {2}
[student]$
```

← ? exécution de la fonction **main**

← exécution du gestionnaires **sig_int**

← exécution du gestionnaires **sig_alarm**

← ?



Fonctions POSIX sigsetjmp et siglongjmp

- La fonction **`sigsetjmp()`** sauvegarde le contexte de pile ainsi que le masque courant des signaux pour les restaurer ultérieurement avec la fonction **`siglongjmp()`**

```
#include <setjmp.h>
     int sigsetjmp(sigjmp_buf env, int savesigs);
```

stocke le contexte et le masque courants (env)

indique si le masque doit être aussi sauvegardé dans **env** (savesigs)

- Sauvegarde le contexte de pile courant dans **env** (ainsi que le masque courant si **savesigs** ≠ 0)
- Valeur de retour
  - 0 pour un appel direct et <u>une valeur non nulle</u> si retour d'un appel à **siglongjmp**

```
#include <setjmp.h>
     int siglongjmp(sigjmp_buf env, int val);
```

définit le contexte à restaurer (env)

valeur de retour de **setjmp** (val)

- Fonction qui ne revient jamais
- Simule un retour de l'appel à la fonction **`sigsetjmp()`** avec retour de la valeur **val** (si **val** = 0, alors retour de la valeur 1)
- Restaure le contexte (et éventuellement le masque des signaux) sauvegardé(s) par l'appel à **`sigsetjmp()`**

Exemple de restauration du masque

- Programme **sigset_longjmp.c** (en rouge les modification par rapport à **set_longjmp.c**)

Déclaration :	`jmp_buf env;`	⇒	`sigjmp_buf env;`
Fonction `sig_int()` :	`longjmp(env, 1);`	⇒	`siglongjmp(env, 1);`
Fonction `main()` :	`setjmp(env)`	⇒	`sigsetjmp(env, 1);`

- Exécution de **sigset_longjmp.c**

```
[student]$ gcc sigset_longjmp.c -o sigset_longjmp
[student]$ ./sigset_longjmp
        Main : Retour de setjmp
        Signaux actuellement bloqués : { }
^C    Début gestionnaire SIGINT
    Signaux actuellement bloqués : {2}
Début gestionnaire ALARM
Signaux actuellement bloqués : {2 14}
Fin gestionnaire ALARM
    Signaux actuellement bloqués : {2}
    Fin gestionnaire SIGINT par longjmp
        Main : Retour de longjmp
        Signaux actuellement bloqués : { }
[stud
```