

# Les signaux

CSC 3102

Introduction aux systèmes d'exploitation

Gaël Thomas



# Présentation du cours

- Contexte : comprendre un mécanisme de communication inter-processus
- Objectif : Savoir utiliser les signaux
- Notion clé : Signaux (`kill`, `trap`)

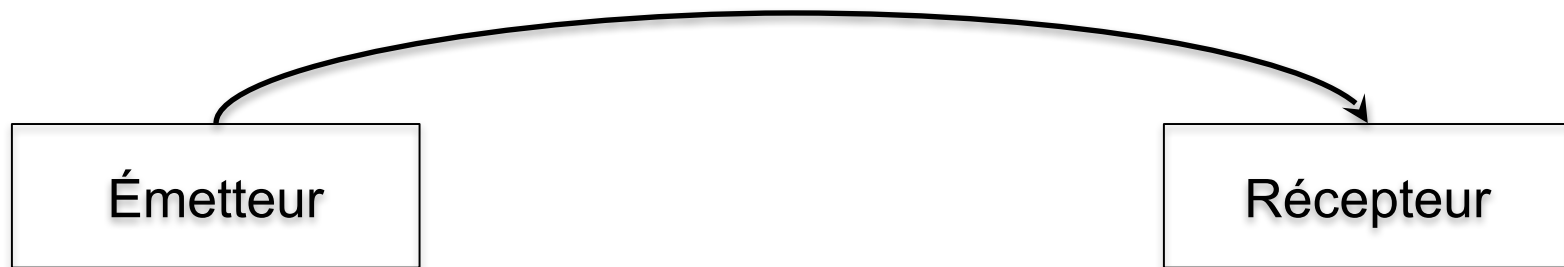
# Les signaux : principe

- Signal = un mécanisme de communication inter-processus
  - Communication simple par envoi de message direct
  - Message = un entier  $n$  entre 1 et 31
  - Perte de message possible (si sig.  $n$  envoyé 2x avant réception)
  - Ordre de réception aléatoire (différent de l'ordre d'émission)
- Souvent utilisé pour
  - Arrêter un processus (par exemple, `control-c`)
  - Notifier un processus lorsque sa configuration change
  - Prévenir un processus qu'il effectue une opération invalide (accès mémoire invalide, division par zéro...)

# Principe de fonctionnement

Envoi

`kill -num-signal PID`



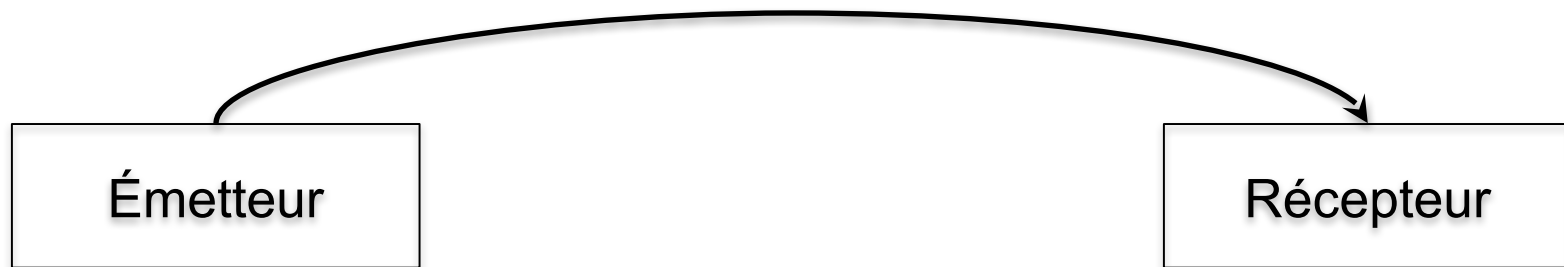
- Émetteur envoie un message à un processus
- Une routine de réception est automatiquement invoquée chez le récepteur dès que le signal arrive
- Par défaut, cette routine tue le récepteur

*(sauf pour les signaux SIGCHLD, SIGTSTP, SIGSTOP, SIGCONT)*

# Principe de fonctionnement

Envoi

`kill -num-signal PID`



## ■ *Nota bene* :

- Un message est limité à un nombre compris entre 1 et 31
- Tout signal émis est livré  
(sauf si le même numéro de signal est émis une seconde fois avant réception – dans ce cas le deuxième signal est perdu)
- Ordre de réception aléatoire

# Les signaux

## ■ Quelques exemples (man 7 signal) :

- **SIGINT (2)** : interruption utilisateur (`Ctrl-C`)  $\Rightarrow$  au premier plan
- **SIGQUIT (3)** : interruption utilisateur pour erreur (`Ctrl-\`)  $\Rightarrow$  au premier plan
- **SIGKILL (9)** : terminaison immédiate
- **SIGTERM (15)** : terminaison (argument par défaut de la commande `kill`)
- **SIGCHLD (17)** : mort d'un processus fils (envoyé par le noyau au parent)
- **SIGCONT (18)** : redémarrage d'un processus suspendu (p. ex. `bg` ou `fg`)
- **SIGSTOP (19)** : suspension
- **SIGTSTP (20)** : suspension utilisateur (`Ctrl-z`)  $\Rightarrow$  au premier plan
- **SIGUSR1 (10)** : libre, sémantique définie par chaque processus
- **SIGUSR2 (12)** : libre, sémantique définie par chaque processus
- **SIGILL (4)** : instruction illégale (envoyé par le noyau)
- **SIGFPE (8)** : division par 0 (envoyé par le noyau)
- **SIGSEGV (11)** : accès mémoire invalide (envoyé par le noyau)

# Les signaux

## ■ Deux signaux bien utiles

- **SIGTSTP** : demande au système de suspendre un processus
- **SIGCONT** : demande au système de le redémarrer

## ■ Bash utilise ces signaux :

- `Ctrl-z` : envoie un SIGTSTP au processus au premier plan
- `bg` et `fg` : envoient un SIGCONT au processus stoppé  
(rappel : `bg` background, `fg` foreground)

## ■ La correspondance entre les signaux et les combinaisons du clavier peuvent varier : voir `stty -a`

# Gestionnaire de signal

- Un processus peut attacher un gestionnaire dit de signal avec

```
trap 'expression' sig1 [sig2]...
```

⇒ exécution de `expression` lors de la réception de `sig1, sig2...`

À faire **avant** de recevoir le signal (au début du programme)

- Un processus peut envoyer un signal à un destinataire avec

```
kill -sig pid
```

- Où

- `expression` : expression quelconque bash
- `sig` : numéro de signal (nombre ou symbole comme `USR1`)
- `pid` : PID du processus destinataire



# Les signaux

Attention : n'oubliez pas les apostrophes !

- Un processus peut attacher un gestionnaire dit de signal avec

```
trap 'expression' sig
```

⇒ exécution de `expression` lors de la réception de `sig`

À faire **avant** de recevoir le signal (au début du programme)

- Un processus peut envoyer un signal à un destinataire avec

```
kill -sig pid
```

- Où

- `expression` : expression quelconque bash
- `sig` : numéro de signal (nombre ou symbole comme `USR1`)
- `pid` : PID du processus destinataire

# Principe de fonctionnement

```
#!/bin/bash
```

```
kill -USR1 $1
```

**emetteur.sh**

\$

**Terminal 1**

```
#!/bin/bash
```

```
trap 'echo coucou' USR1
```

```
echo "PID: $$"
```

```
while true; do
```

```
    sleep 1
```

```
done
```

**recepteur.sh**

\$

**Terminal 2**

# Principe de fonctionnement

```
#!/bin/bash
```

```
kill -USR1 $1
```

**emetteur.sh**



```
#!/bin/bash
```

```
trap 'echo coucou' USR1
```

```
echo "PID: $$"
```

```
while true; do
```

```
    sleep 1
```

```
done
```

**recepteur.sh**

```
$
```

**Terminal 1**

```
$ ./recepteur.sh
```

**Terminal 2**

Terminal 2 : lancement de `recepteur.sh`

# Principe de fonctionnement

```
#!/bin/bash
```

```
kill -USR1 $1
```

**emetteur.sh**



```
#!/bin/bash
```

```
trap 'echo coucou' USR1
```

```
echo "PID: $$"
```

```
while true; do
```

```
    sleep 1
```

```
done
```

**recepteur.sh**

```
$
```

**Terminal 1**

```
$ ./recepteur.sh
```

**Terminal 2**

recepteur.sh attache le gestionnaire 'echo coucou' à USR1

# Principe de fonctionnement

```
#!/bin/bash
```

```
kill -USR1 $1
```

**emetteur.sh**



```
#!/bin/bash
```

```
trap 'echo coucou' USR1
```

```
echo "PID: $$"
```

```
while true; do  
    sleep 1
```

```
done
```

**recepteur.sh**

```
$
```

**Terminal 1**

```
$ ./recepteur.sh
```

```
PID: 52075
```

**Terminal 2**

recepteur.sh affiche son PID

# Principe de fonctionnement

```
#!/bin/bash
```

```
kill -USR1 $1
```

**emetteur.sh**

```
#!/bin/bash
```

```
trap 'echo coucou' USR1
```

```
echo "PID: $$"
```

```
while true; do
```

```
    sleep 1
```

```
done
```

**recepteur.sh**



```
$
```

**Terminal 1**

```
$ ./recepteur.sh
```

```
PID: 52075
```

**Terminal 2**

recepteur.sh exécute la boucle infinie

# Principe de fonctionnement

```
#!/bin/bash
```

```
kill -USR1 $1
```

**emetteur.sh**

```
$ ./emetteur.sh 52075
```

**Terminal 1**

```
#!/bin/bash
```

```
trap 'echo coucou' USR1
```

```
echo "PID: $$"
```

```
while true; do
```

```
    sleep 1
```

```
done
```

**recepteur.sh**

```
$ ./recepteur.sh
```

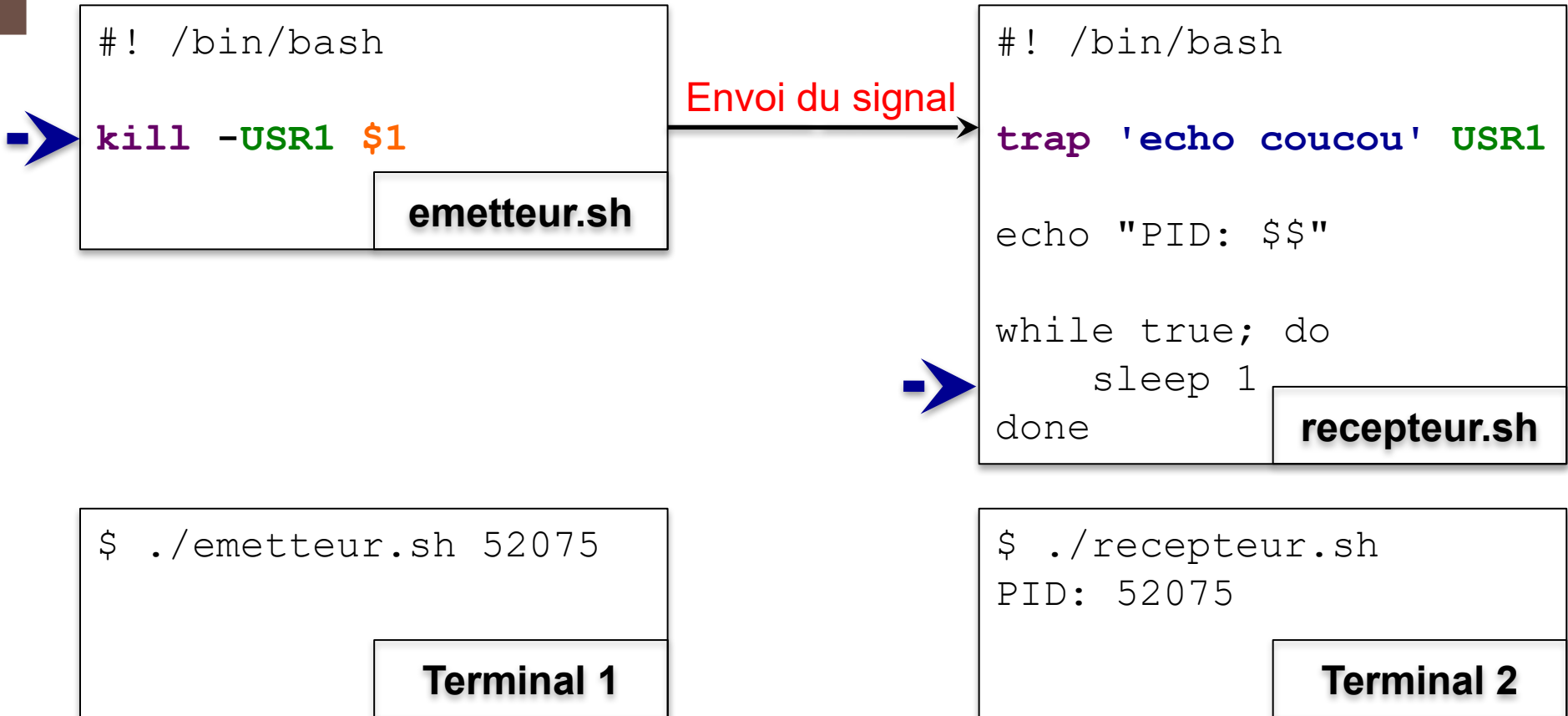
```
PID: 52075
```

**Terminal 2**

Terminal 1 : lancement de `emetteur.sh`

# Principe de fonctionnement

USR1 en attente



emetteur.sh envoie le signal USR1 à recepteur.sh



# Principe de fonctionnement

USR1 en attente

```
#!/bin/bash  
  
kill -USR1 $1
```

**emetteur.sh**



```
#!/bin/bash  
  
trap 'echo coucou' USR1  
  
echo "PID: $$"  
  
while true; do  
    sleep 1  
done
```

**recepteur.sh**

```
$ ./emetteur.sh 52075  
$
```

**Terminal 1**

```
$ ./recepteur.sh  
PID: 52075
```

**Terminal 2**

`emetteur.sh` termine

(l'ordre entre `emetteur.sh` et `recepteur.sh` est aléatoire)

# Principe de fonctionnement

```
#!/bin/bash  
  
kill -USR1 $1
```

**emetteur.sh**



```
#!/bin/bash  
  
trap 'echo coucou' USR1  
  
echo "PID: $$"  
  
while true; do  
    sleep 1  
done
```

**recepteur.sh**



```
$ ./emetteur.sh 52075  
$
```

**Terminal 1**

```
$ ./recepteur.sh  
PID: 52075  
coucou
```

**Terminal 2**

recepteur.sh reçoit le signal

⇒ le système déroute l'exécution de recepteur.sh vers le gestionnaire

⇒ affiche coucou

# Principe de fonctionnement

```
#!/bin/bash
```

```
kill -USR1 $1
```

**emetteur.sh**

```
#!/bin/bash
```

```
trap 'echo coucou' USR1
```

```
echo "PID: $$"
```

```
while true; do
```

```
    sleep 1
```

```
done
```

**recepteur.sh**



```
$ ./emetteur.sh 52075
```

```
$
```

**Terminal 1**

```
$ ./recepteur.sh
```

```
PID: 52075
```

```
coucou
```

**Terminal 2**

À la fin du gestionnaire du signal, l'exécution reprend là où elle s'était arrêtée

# Notions clés

## ■ Les signaux

- Mécanisme de communication à base de messages
- Message = nombre entre 1 et 31
- Ordre de réception aléatoire
- Perte possible en cas d'envoi multiple du même numéro de signal
- `kill -sig pid` : envoie un signal `sig` à `pid`
- `trap 'expr' sig` : associe `expr` à la réception d'un signal `sig`

# À vous de jouer!