INSTITUT Mines-Télécom

TELECOM SudParis

Les Processus

CSC3102 – Introduction aux systèmes d'exploitation

François Trahay & Gaël Thomas

Présentation du cours

- Contexte :
  - Des dizaines de processus s'exécutent simultanément sur une machine
- Objectifs :
  - Savoir observer les processus s'exécutant sur une machine
  - Manipuler un processus en cours d'exécution
  - Comprendre comment sont ordonnancés les processus
- Notions clés :
  - Arborescence de processus, états d'un processus, ordonnancement

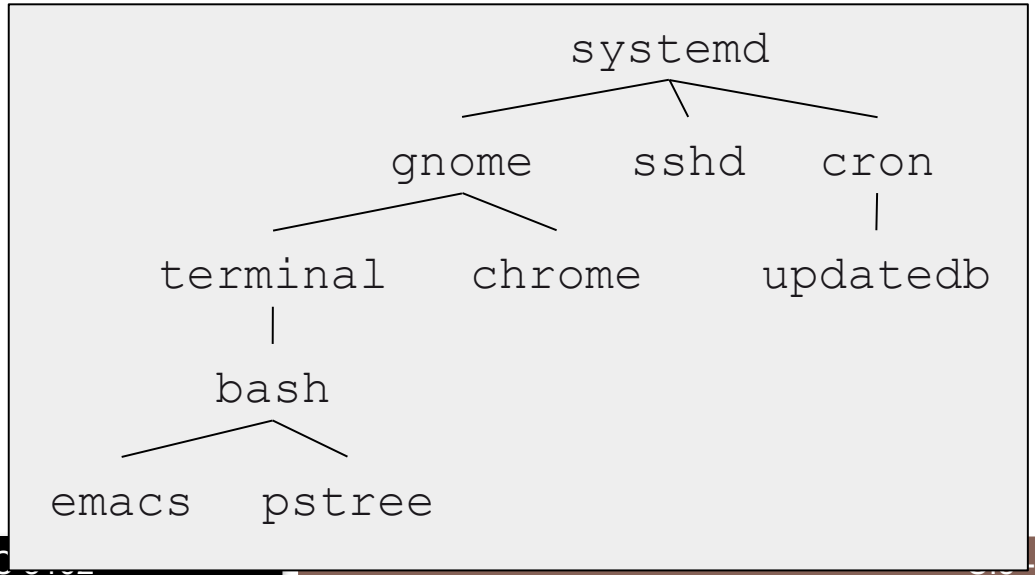
Notion de processus

- Processus = programme en cours d'exécution
  - Un espace mémoire + contexte d'exécution (fichiers ouverts, etc.)
- Caractéristiques statiques
  - PID : Process Identifier (identifie le processus)
  - PPID : Parent Processus Identifier (identifie le parent)
  - Utilisateur propriétaire
  - Droits d'accès aux ressources (fichiers, etc.)
- Caractéristiques dynamiques
  - Priorité, environnement d'exécution, etc.
  - Quantité de ressources consommées (temps CPU, etc.)

1. Observer un processus
2. Processus en avant et arrière plan
3. Cycle de vie d'un processus
4. Variables et processus
5. Gestion des processus dans le système d'exploitation

Arborescence de processus

- Chaque processus possède un processus parent
  - Sauf le premier processus (`systemd` ou `init`, PID=1)
    ⇒ arborescence de processus
- Deux types de processus :
  - Processus utilisateurs (attachés à un terminal)
  - Daemons : processus qui assurent un service (détachés de tout terminal)



Observer les processus

- `ps` : affiche les processus s'exécutant à un instant donné

```
$ ps -l
F S   UID   PID  PPID  C PRI  NI ADDR SZ WCHAN  TTY          TIME CMD
0 S  1000 22995  1403  0  80   0 -  6285 -      pts/1    00:00:00 bash
0 S  1000 29526 22995  0  80   0 - 128631 -     pts/1    00:00:05 emacs
0 S  1000 29826 22995  0  80   0 - 51571 -      pts/1    00:00:00
oosplash
0 S  1000 29843 29826  1  80   0 - 275029 -     pts/1    00:00:48
soffice.bin
0 R  1000 30323 22995  0  80   0 -  2790 -      pts/1    00:00:00 ps
```

  - `ps PID` : affiche les information du processus avec ce `PID`

Observer les processus (suite)

- `pstree` : affiche l'arborescence des processus

```
$ pstree -pA
systemd(1)-+-ModemManager(535)-+-{gdbus}(675)
           |                   `-{gmain}(580)
           |-NetworkManager(552)-+-dhclient(27331)
           |                     |-{NetworkManager}(673)
           |                     |-{gdbus}(756)
           |                     `-{gmain}(733)
           |-acpid(692)
           |-konsole(1403)-+-bash(22995)-+-emacs(29526)-+-{dconf worker}(29529)
                           |             |              |-{gdbus}(29528)
                           |             |              `-{gmain}(29527)
                           |             `-pstree(30412)
                           `-{QProcessManager}(1411)
```

Observer les processus (suite)

- `top` : affiche dynamiquement des processus

```
$ top
top - 15:52:18 up 5 days,  2:04,  3 users,  load average: 0,19, 0,12, 0,13
Tasks: 176 total,   1 running, 175 sleeping,   0 stopped,   0 zombie
%Cpu(s):  6,0 us,  1,3 sy,  0,1 ni, 92,5 id,  0,1 wa,  0,0 hi,  0,0 si,  0,0 st
KiB Mem:   8099392 total,  5840956 used,  2258436 free,   494524 buffers
KiB Swap: 10157052 total,        0 used, 10157052 free.  3114404 cached Mem
  PID USER      PR  NI    VIRT    RES    SHR S  %CPU %MEM     TIME+ COMMAND
  866 root      20   0  731892 377196 346672 S   6,4  4,7  21:01.97 Xorg
 1375 trahay     9 -11  651480  11108   8052 S   6,4  0,1  23:23.48 pulseaudio
    1 root      20   0  176840   5420   3144 S   0,0  0,1   0:02.57 systemd
    2 root      20   0       0      0      0 S   0,0  0,0   0:00.01 kthreadd
    3 root      20   0       0      0      0 S   0,0  0,0   0:04.34 ksoftirqd/0
    5 root       0 -20       0      0      0 S   0,0  0,0   0:00.00 kworker/0:0H
    7 root      20   0       0      0      0 S   0,0  0,0   0:30.37 rcu_sched
```

Variables relatives aux processus

- Chaque processus `bash`, y compris les scripts, définissent :
  - **`$$`** : `PID` du `bash` courant
  - **`$PPID`** : `PID` du parent du `bash` courant

```
$ echo $$
20690
$ echo $PPID
20689
$
```

Variables relatives aux processus

- Chaque processus `bash`, y compris les scripts, définissent :
  - **`$$`** : `PID` du `bash` courant
  - **`$PPID`** : `PID` du parent du `bash` courant

```
$ echo $$
20690
$ echo $PPID
20689
$ ps -p 20689,20690
  PID TTY           TIME CMD
20689 ??         0:11.69 xterm -r
20690 ttys004    0:01.32 bash
$
```

Détail d'un processus

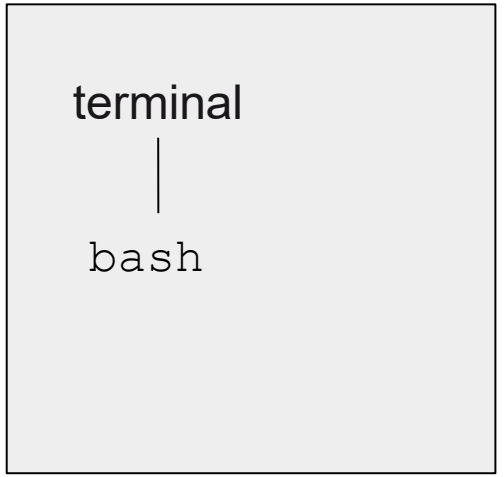
- `/proc/$PID/` contient :
  - cmdline : texte de la ligne de commande ayant lancé le processus
  - exe : lien vers le fichier exécutable du programme
  - environ : contenu de l'environnement
  - fd : liens vers les fichiers ouverts
  - …

```
$ ls /proc/29526
attr          coredump_filter  gid_map     mountinfo   oom_score      sessionid  task
autogroup     cpuset           io          mounts      oom_score_adj  smaps      timers
auxv          cwd              limits      mountstats  pagemap        stack      uid_map
cgroup        environ          loginuid    net         personality    stat       wchan
clear_refs    exe              map_files   ns          projid_map     statm
cmdline       fd               maps        numa_maps   root           status
comm          fdinfo           mem         oom_adj     sched          syscall
```

1. Observer un processus
2. Processus en avant et arrière plan
3. Cycle de vie d'un processus
4. Variables et processus
5. Gestion des processus dans le système d'exploitation

Processus en avant-plan

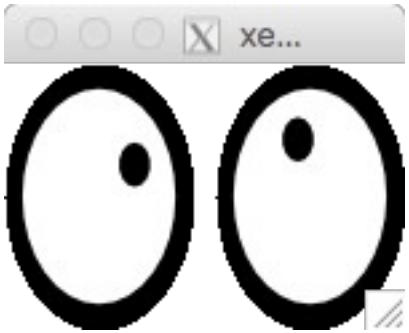
- Par défaut, une commande s'exécute en avant-plan (en anglais, *foreground*)
  - `bash` crée un processus enfant et attend qu'il termine
  - Le processus enfant exécute le programme

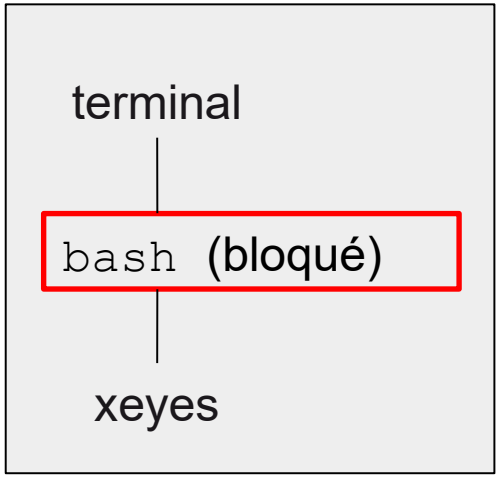


Processus en avant-plan

- Par défaut, une commande s'exécute en avant-plan (en anglais, *foreground*)
  - `bash` est bloqué tant que le processus fils s'exécute

```
$ xeyes
```

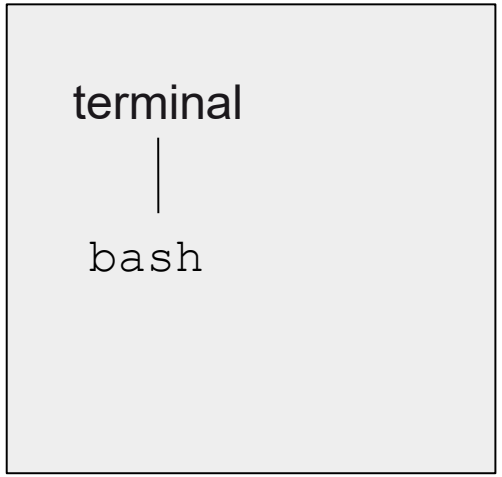




Processus en avant-plan

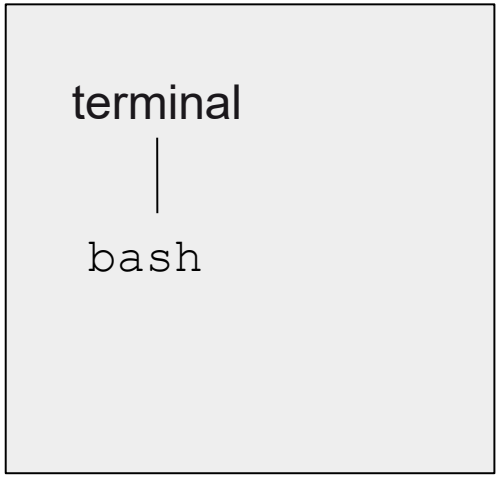
- Par défaut, une commande s'exécute en avant-plan (en anglais, *foreground*)
  - Quand le processus fils se termine, `bash` reprend son exécution

```
$ xeyes
$
```



Processus en arrière-plan

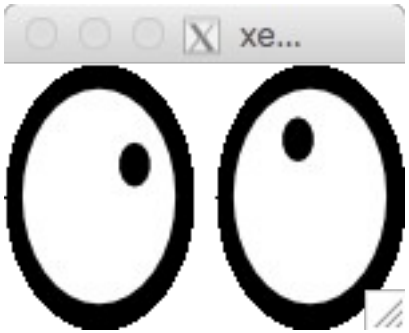
- Pour exécuter une commande arrière-plan (en anglais, *background*)
  - Terminer la commande par « `&` »

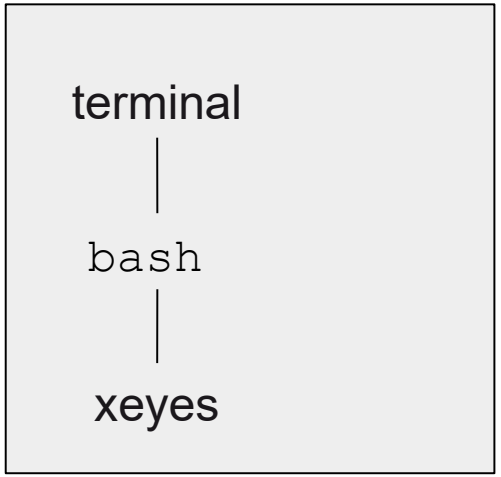


Processus en arrière-plan

- Commande en arrière-plan (en anglais, *background*)
  - `bash` crée un enfant et n'attend pas qu'il se termine
  - `bash` affiche le numéro de job (JobID) et le PID du fils
  - Le processus enfant exécute le programme

```
$ xeyes &
[1] 35794
$
```

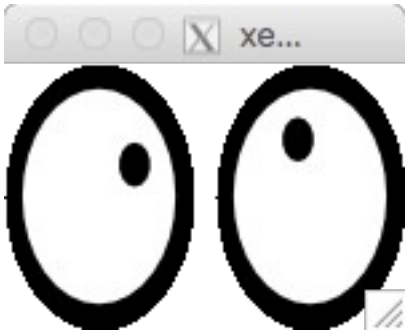


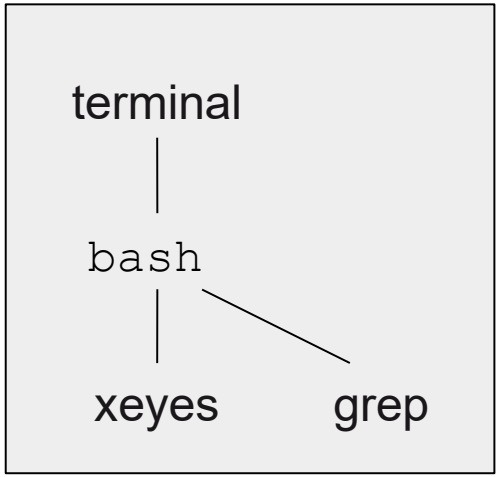


Processus en arrière-plan

- Commande en arrière-plan (en anglais, *background*) :
  - `bash` et le processus fils s'exécutent en parallèle
  - `bash` peut donc exécuter d'autres commandes

```
$ xeyes &
[1] 35794
$ grep c bjr.txt
coucou
```

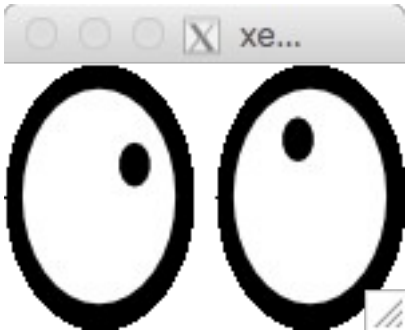


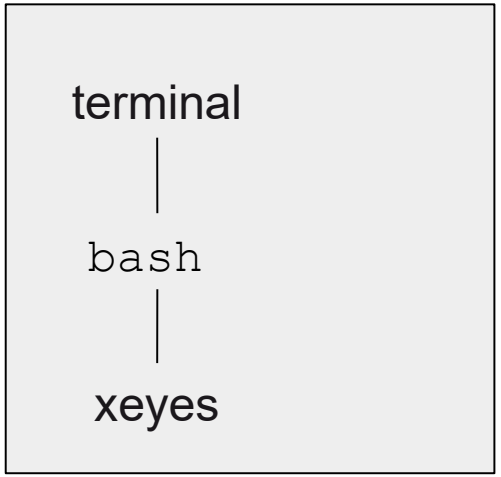


Processus en arrière-plan

- Commande en arrière-plan (en anglais, *background*) :
  - `bash` et le processus fils s'exécutent en parallèle
  - `bash` peut donc exécuter d'autres commandes

```
$ xeyes &
[1] 35794
$ grep c bjr.txt
coucou
$
```



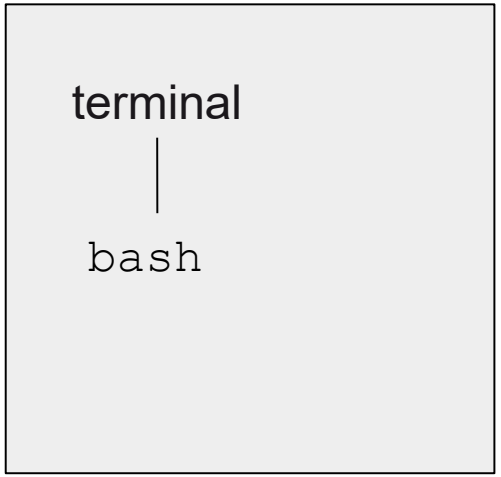


Processus en arrière-plan

- Commande en arrière-plan (background) :
  - Quand le fils se termine, le système d'exploitation informe `bash`

```
$ xeyes &
[1] 35794
$ grep c bjr.txt
coucou
$
[1]+  Done    xeyes
$
```

JobID



PID du dernier processus lancé

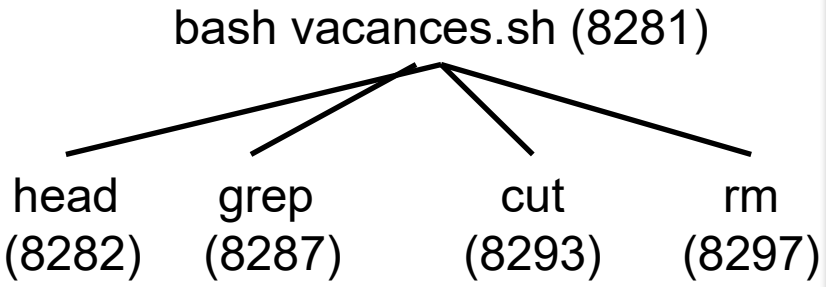
- Le PID du dernier processus lancé en arrière-plan est dans la variable `$!`

```
$ xeyes &
[1] 35794
$ xeyes &
[2] 35795
$ echo $!
35795
$ echo $!
35795
```

1. Observer un processus
2. Processus en avant et arrière plan
3. Cycle de vie d'un processus
4. Variables et processus
5. Gestion des processus dans le système d'exploitation

Commandes et processus

- Chaque commande crée un processus
  - Sauf pour les commandes internes qui sont directement interprétées par `bash` (`exit`, `source`...)



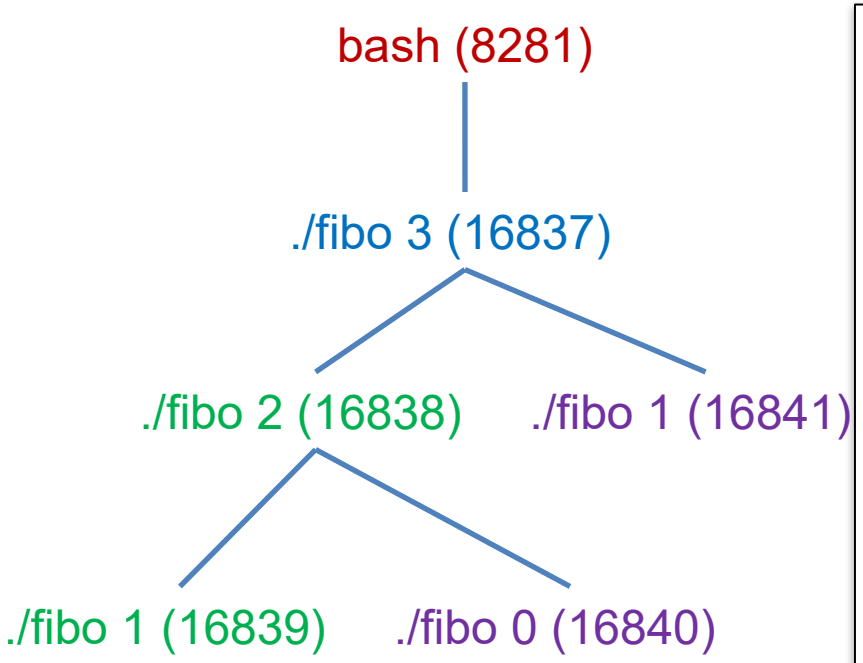

```
#! /bin/bash

head -n 30 itineraire > debut_iti
grep plage debut_iti> baignade
cut -d' ' -f3 baignade > tresor
rm baignade
```

vacances.sh

Scripts et processus

- Par défaut, un script est lancé dans un processus enfant




```
#! /bin/bash
if [ $1 -eq 0 ] || [ $1 -eq 1 ];
then
    echo 1
else
    n=$1
    fib1=$(./fibo $(expr $n - 1))
    fib2=$(./fibo $(expr $n - 2))
    echo $(expr $fib1 + $fib2 )
fi
```

fibo

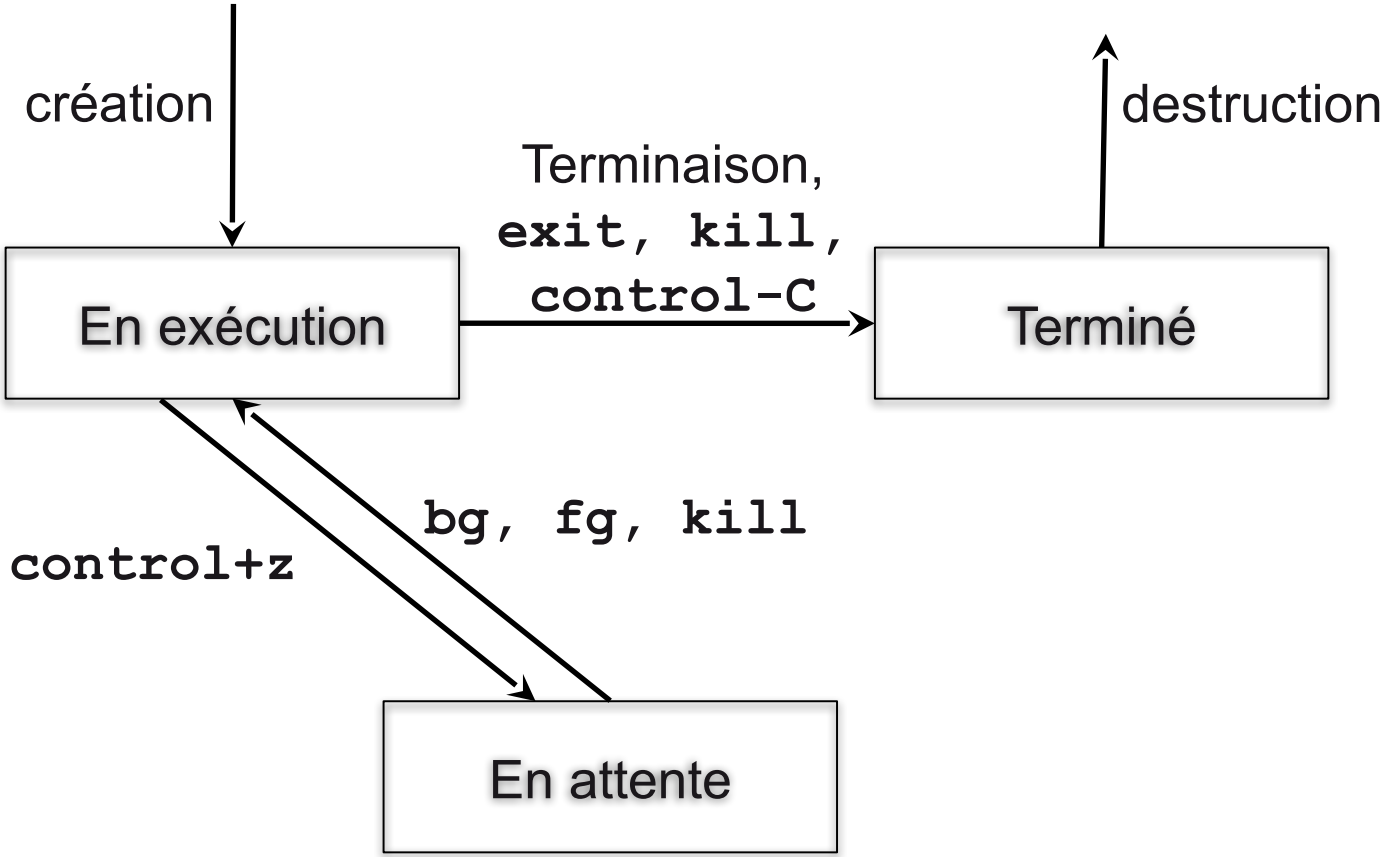
Suspendre un processus

- Suspendre un processus en avant-plan : `control+z`
  - Le processus est placé « en attente »
- Reprendre un processus en attente
  - Pour le mettre en avant-plan : `fg` (*foreground*)
    - `fg N` : mettre en avant-plan le job `N`
  - Pour le mettre en arrière-plan : `bg` (*background*)
    - `bg N` : mettre en arrière-plan le job `N`

Suppression d'un processus

- Un processus se termine s'il atteint sa dernière instruction
- Ou s'il appelle `exit`
- Ou s'il reçoit un signal (voir CI6)
  - `control-c` : tue le processus en avant plan (avec `SIGINT`)
  - `kill` ou `killall` : tue un processus (avec `SIGTERM`)
    - `kill %JobID` : tue le processus de numéro de job `JobID`
    - `kill PID` : tue le processus d'identifiant `PID`
    - `killall prog` : tue tous les processus dont le chemin du programme est `prog`
  - Remarque : vous verrez en CI6 que les processus peuvent résister à `control-c`, `kill` ou `killall`. Si c'est le cas, ajoutez -9 (`SIGKILL`) après `kill`/`killall` pour forcer leur mort

États d'un processus



Attendre la fin d'un processus

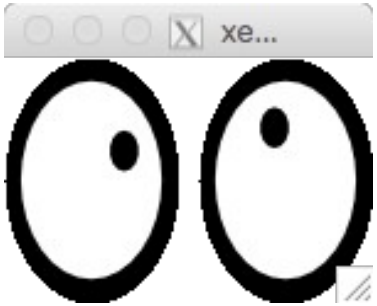
- La commande `wait` permet d'attendre la fin d'un fils
  - `wait` sans argument : attend la fin de tous les fils
  - `wait %jobid1 %jobid2...` ou `wait pid1 pid2...` : attend la fin des processus passés en argument

Attendre la fin d'un processus

```
$
```

Processus en exécution

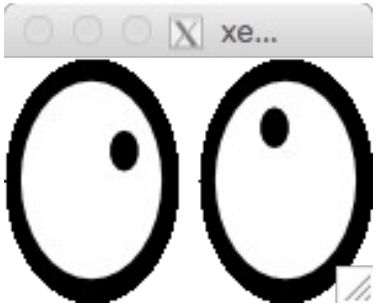
Attendre la fin d'un processus




```
$ xeyes &
$
```

Processus en exécution — → Création de processus

Attendre la fin d'un processus



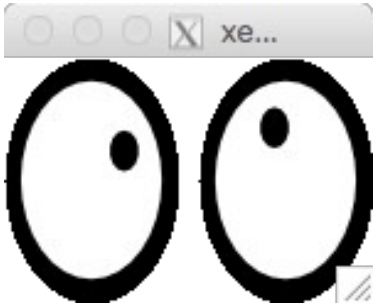

```
$ xeyes &
$ grep gthomas /etc/passwd
```

Processus en exécution

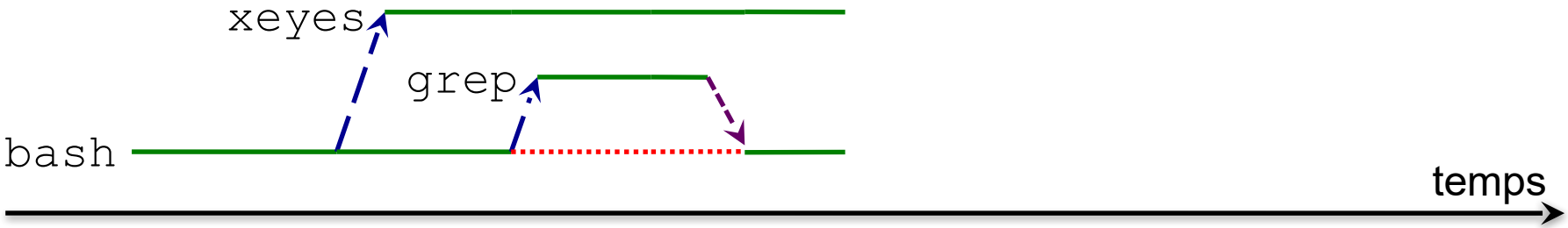
Processus en attente

Création de processus

Attendre la fin d'un processus




```
$ xeyes &
$ grep gthomas /etc/passwd
gthomas:x:501:20::/home/gthomas:/bin/bash
$
```



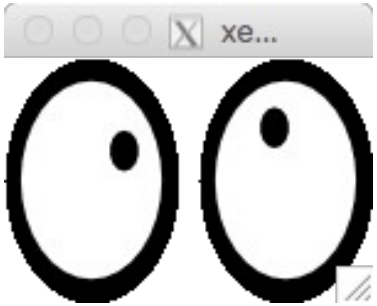
Processus en exécution

Processus en attente

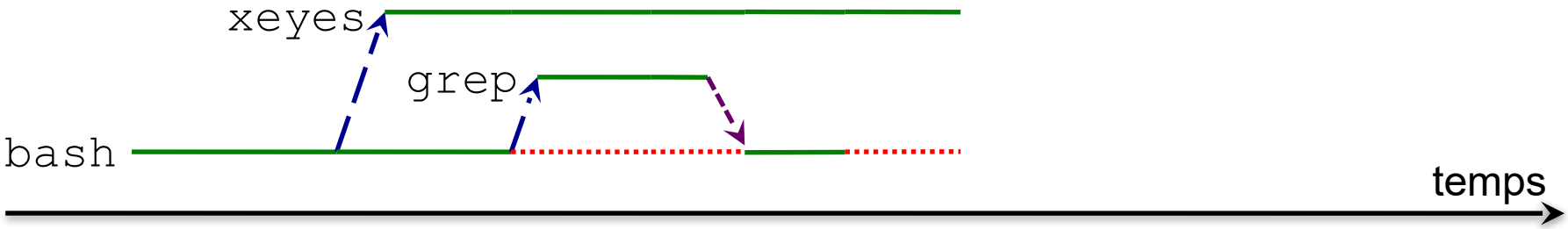
Création de processus

Notification de fin de processus

Attendre la fin d'un processus




```
$ xeyes &
$ grep gthomas /etc/passwd
gthomas:x:501:20::/home/gthomas:/bin/bash
$ wait
```



Processus en exécution

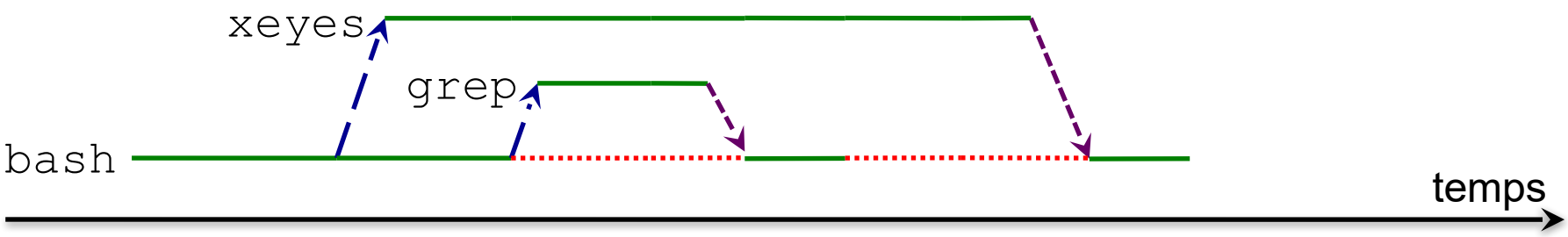
Processus en attente

Création de processus

Notification de fin de processus

Attendre la fin d'un processus

```
$ xeyes &
$ grep gthomas /etc/passwd
gthomas:x:501:20::/home/gthomas:/bin/bash
$ wait
[1]+  Done                    xeyes
$
```



Processus en exécution

Processus en attente

Création de processus

Notification de fin de processus

1. Observer un processus
2. Processus en avant et arrière plan
3. Cycle de vie d'un processus
4. Variables et processus
5. Gestion des processus dans le système d'exploitation

Variables `bash` et processus

- Une variable est toujours locale à un processus
  ⇒ les modifications sont toujours locales

- Une variable peut être exportée chez un enfant
  - La variable et sa valeur sont recopiées chez l'enfant à la création
  - Les variables du père et du fils sont ensuite indépendantes
  - Par défaut une variable n'est pas exportée
  - Marquer une variable comme exportée : `export var`
  - Arrêter d'exporter une variable : `unset var`
    (détruit aussi la variable)

Portée des variables

```
$ a="existe"
$
```

```
#! /bin/bash

b="existe"
echo "a: $a"
echo "b: $b"
a="autre chose"
```

variable.sh

```
#! /bin/bash

export b
b="existe"
echo "a: $a"
echo "b: $b"
```

variable_exportee.sh

Portée des variables

```
$ a="existe"
$ ./variable.sh
a:
b: existe
$
```

```
#! /bin/bash

b="existe"
echo "a: $a"
echo "b: $b"
a="autre chose"
```

variable.sh

```
#! /bin/bash

export b
b="existe"
echo "a: $a"
echo "b: $b"
```

variable_exportee.sh

Portée des variables

```
$ a="existe"
$ ./variable.sh
a:
b: existe
$ export a
$
```

```
#! /bin/bash

b="existe"
echo "a: $a"
echo "b: $b"
a="autre chose"
```

variable.sh

```
#! /bin/bash

export b
b="existe"
echo "a: $a"
echo "b: $b"
```

variable_exportee.sh

Portée des variables

```
$ a="existe"
$ ./variable.sh
a:
b: existe
$ export a
$ ./variable.sh
a: existe
b: existe
$
```

```
#! /bin/bash

b="existe"
echo "a: $a"
echo "b: $b"
a="autre chose"
```

variable.sh

```
#! /bin/bash

export b
b="existe"
echo "a: $a"
echo "b: $b"
```

variable_exportee.sh

Portée des variables

```
$ a="existe"
$ ./variable.sh
a:
b: existe
$ export a
$ ./variable.sh
a: existe
b: existe
$ echo "a: $a - b: $b"
a: existe - b:
$
```

```
#! /bin/bash

b="existe"
echo "a: $a"
echo "b: $b"
a="autre chose"
```

variable.sh

```
#! /bin/bash

export b
b="existe"
echo "a: $a"
echo "b: $b"
```

variable_exportee.sh

Portée des variables

```
$ a="existe"
$ ./variable.sh
a:
b: existe
$ export a
$ ./variable.sh
a: existe
b: existe
$ echo "a: $a - b: $b"
a: existe - b:
$ ./variable_exportee.sh
a: existe
b: existe
$
```

```
#! /bin/bash

b="existe"
echo "a: $a"
echo "b: $b"
a="autre chose"
```

variable.sh

```
#! /bin/bash

export b
b="existe"
echo "a: $a"
echo "b: $b"
```

variable_exportee.sh

Portée des variables

```
$ a="existe"
$ ./variable.sh
a:
b: existe
$ export a
$ ./variable.sh
a: existe
b: existe
$ echo "a: $a - b: $b"
a: existe - b:
$ ./variable_exortee.sh
a: existe
b: existe
$ echo "b: $b"
b:
$
```

```
#! /bin/bash

b="existe"
echo "a: $a"
echo "b: $b"
a="autre chose"
```

variable.sh

```
#! /bin/bash

export b
b="existe"
echo "a: $a"
echo "b: $b"
```

variable_exportee.sh

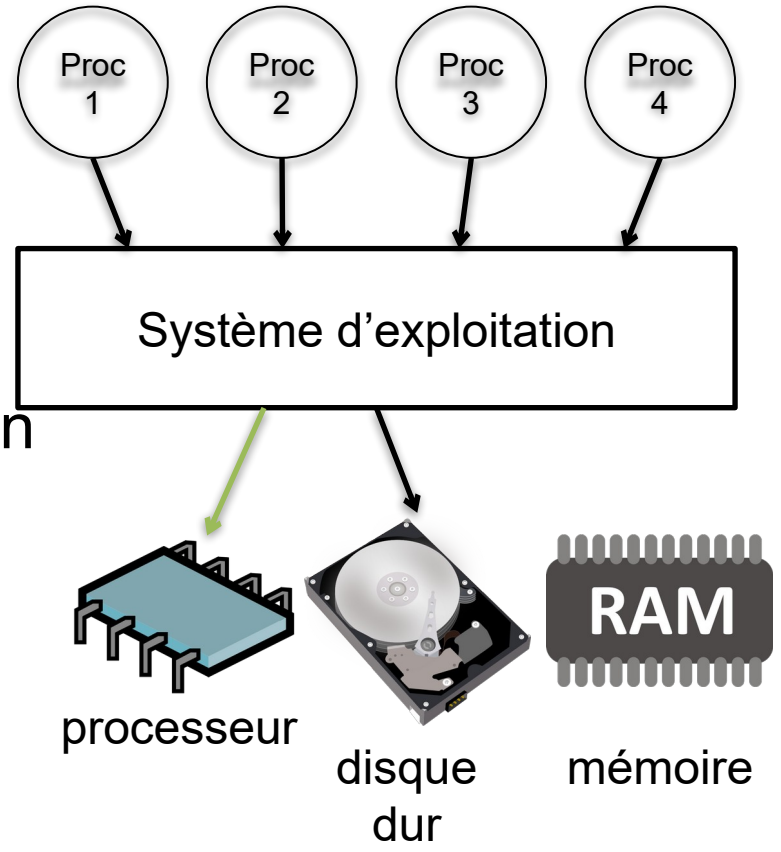
Variables d'environnement

- Une variable exportée s'appelle une variable d'environnement
  - Par convention, son nom est en majuscules
- Certaines variables sont souvent dans l'environnement :
  - `HOME` : chemin absolu du répertoire de connexion
    - `cd` , `cd ~` et `cd $HOME` sont des commandes équivalentes
  - `PS1` : prompt (par défaut `$`)
  - `PATH` : liste des répertoires de recherche des commandes
    - Rappel : entre chaque chemin, séparateur « `:` »
- La commande `env` liste toutes les variables de l'environnement courant
- La commande `source` charge un script (et ses variables !) dans le processus bash courant
  - Exemple pour recharger la configuration Bash : `source ~/.bashrc`

1. Observer un processus
2. Processus en avant et arrière plan
3. Cycle de vie d'un processus
4. Variables et processus
5. Gestion des processus dans le système d'exploitation

Partage de ressources

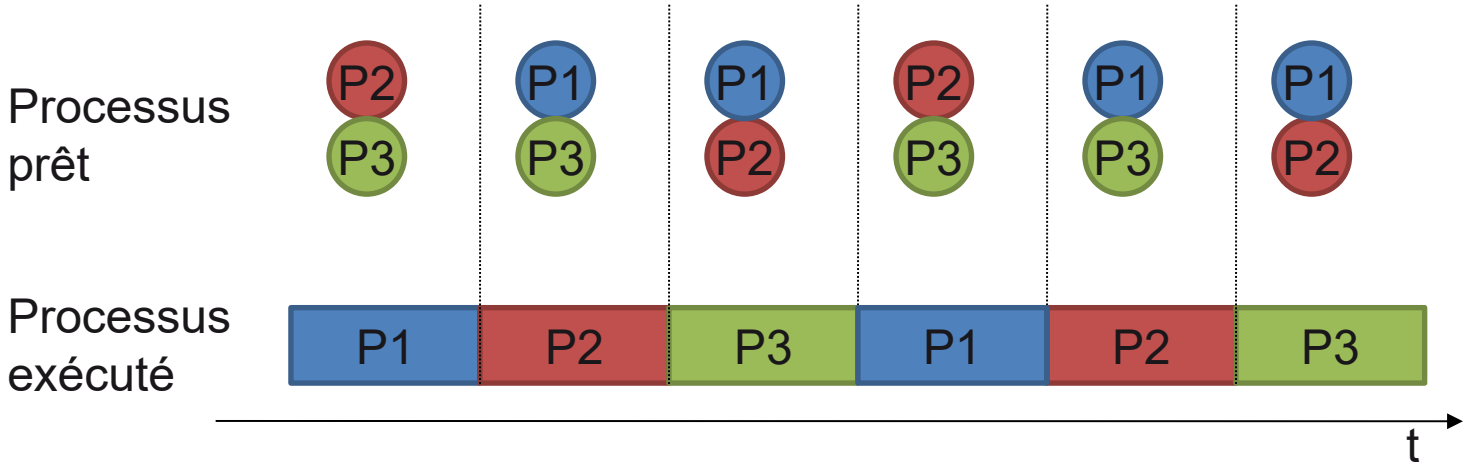
- Ressources partagées par les processus
  - CPU (cœur d'un processeur)
  - Mémoire
  - Entrées-sorties



- Gestion par le Système d'Exploitation
  - Exclusion mutuelle
  - Contrôle de l'accès au matériel
  - Droits d'accès
  - Non-dépassement des limites

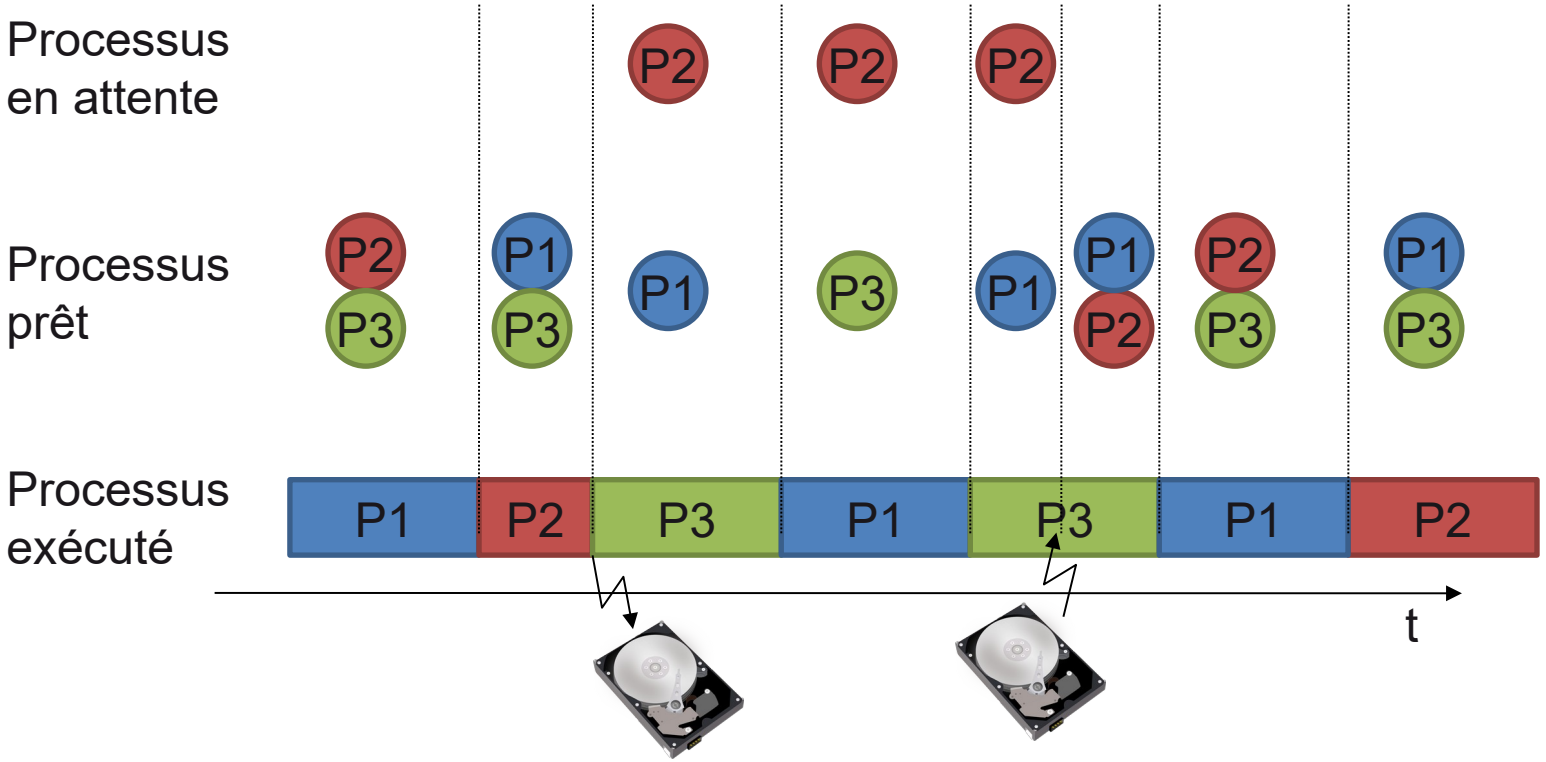
Partage du CPU

- À un instant donné, le CPU n'exécute qu'un processus
  - Les autres processus attendent
- L'ordonnanceur partage le CPU par « quantum de temps » (en anglais, *timeslice*)
  - À la fin du *timeslice*, l'ordonnanceur préempte le processus s'exécutant et choisit un autre processus



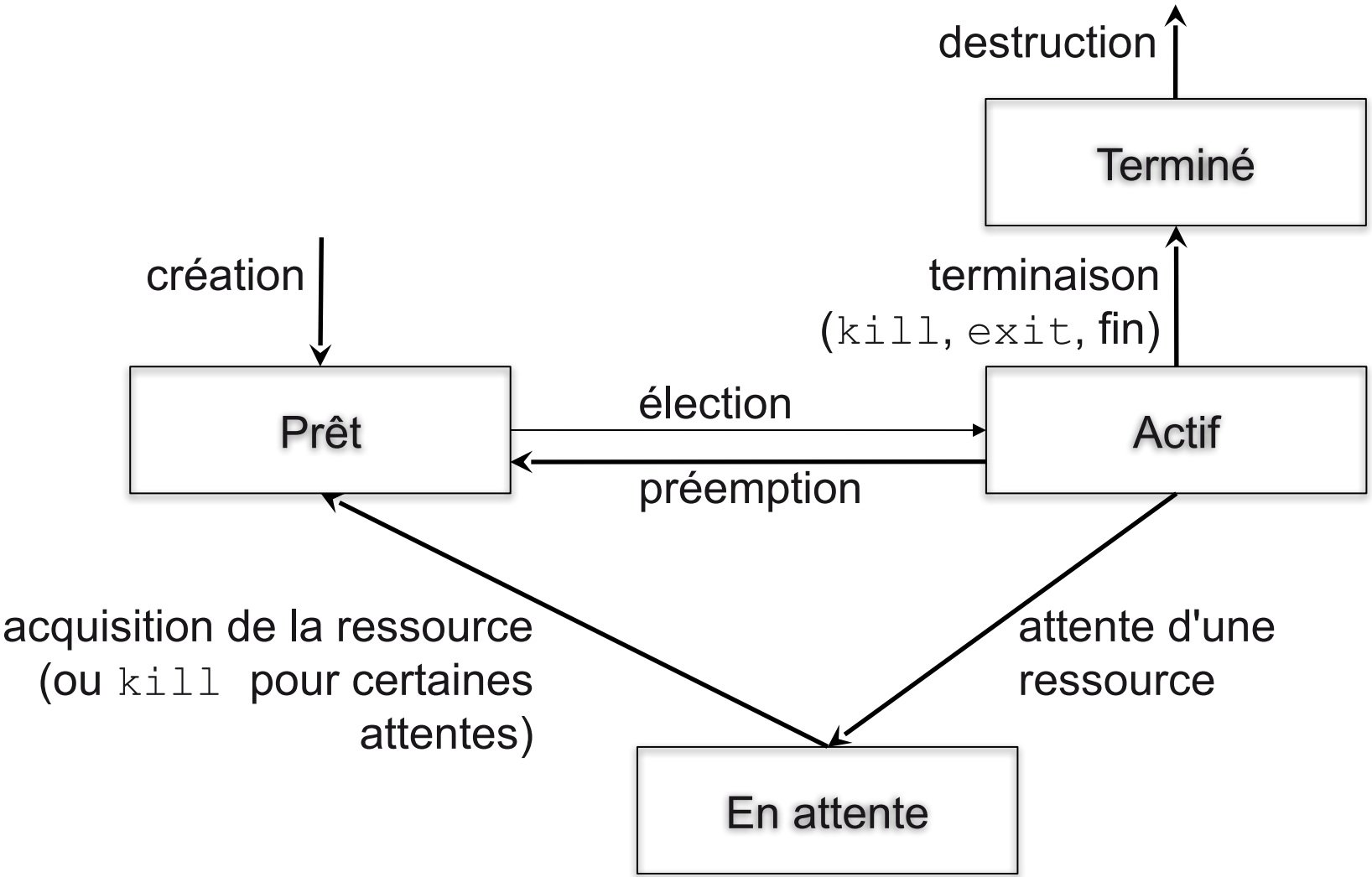
Partage du CPU et entrées/sorties

- Entrées/sorties ⇒ attente d'une ressource (disque, carte réseau, écran, etc.)
- Libération du CPU en attendant la ressource



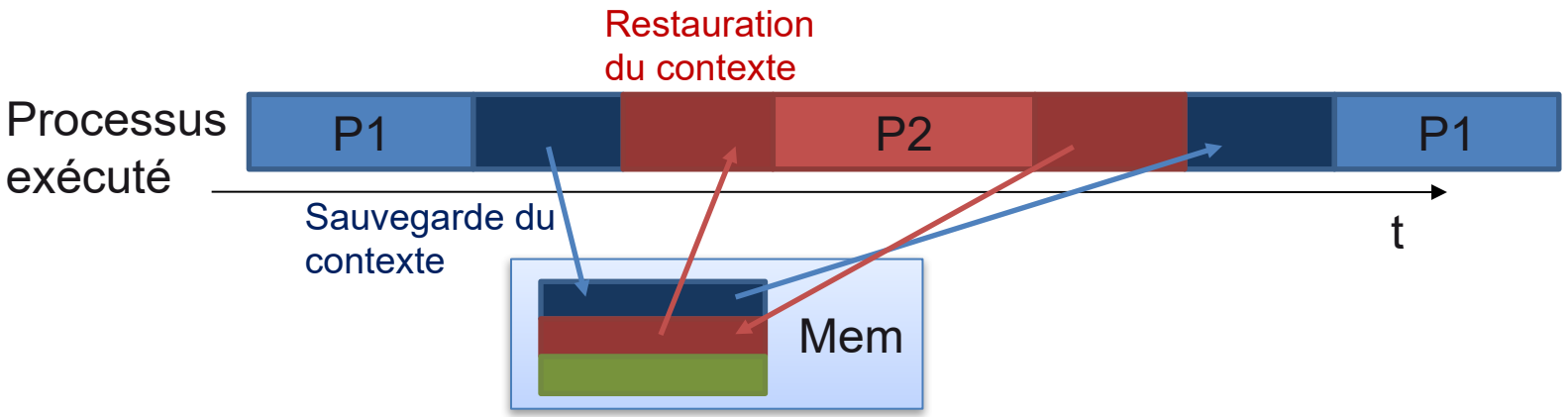
États d'un processus

Le point de vue du système d'exploitation



Commutation de processus

- La commutation a lieu lors de l'élection d'un processus :
  - Sauvegarde du contexte du processus évincé
  - Chargement du contexte du processus élu
- Contexte : ensemble des infos associées au processus
  - Valeur des registres
  - Informations mémoire (emplacement, etc.)

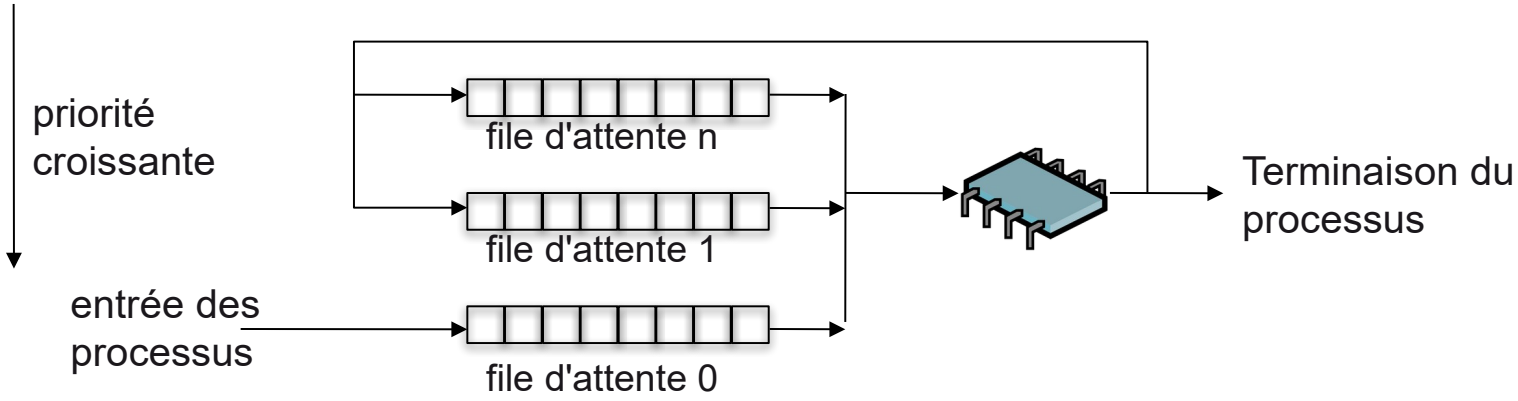


Ordonnancement de processus

Exemple d'algorithme d'ordonnancement à priorité

- Une file d'attente des processus prêts par niveau de priorité
- L'ordonnanceur choisit plus souvent les processus de forte priorité
- Ajustement de la priorité d'un processus au court de son exécution

- Exemple d'algorithme d'ordonnancement
  - Choisir un processus de la file d'attente non vide de plus haute priorité
  - Si un processus consomme tout son *timeslice* : `priorité--`
  - Régulièrement : `priorité++` pour les processus non élus



Changer la priorité d'un processus

- Possibilité de changer manuellement la priorité d'un processus
  - Exemple: baisser la priorité d'un programme qui indexe le contenu d'un disque dur
- Lancer un programme avec une certaine priorité
  - `$ nice –n priorité commande`
- Changer la priorité d'un processus déjà lancé
  - `$ renice –n priorité PID`

Introduction à la concurrence

- Accès concurrent à une ressource gérée par l'OS
  - Disque dur, imprimante, sortie du terminal, …
- L'OS assure l'exclusion mutuelle de ses ressources
  - À tout moment, seul un processus manipule la ressource

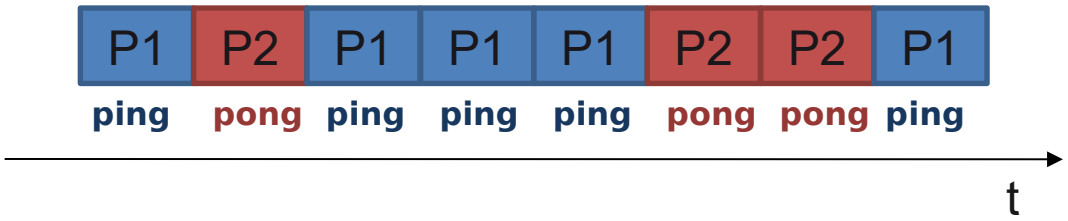
```
$ ./do_ping.sh & ./do_pong.sh
ping
pong
ping
pong
ping
pong
ping
pong
pong
pong
ping
ping
ping
ping
pong
```

```
#!/bin/bash
while true; do
    echo ping
done
```

do_ping.sh

```
#!/bin/bash
while true; do
    echo pong
done
```

do_pong.sh



Conclusion

- Concepts clés
  - Processus
    - Caractéristiques statiques et dynamiques
    - Processus parent, processus enfant
    - Exécution en avant-plan, arrière-plan, suspension/reprise de processus
  - Ordonnancement de processus
    - Quantum de temps, préemption
    - changement de contexte
- Commandes clés
  - `ps, pstree, top`
  - `CTRL+Z, fg, bg`
  - `CTRL+C, kill, killall`

En route pour le TP !!