

# Notion de processus

Cette page et les suivantes du chapitre sont inspirées des pages suivantes :

- [https://www.lecluse.fr/nsi/NSI\\_T/archi/process/](https://www.lecluse.fr/nsi/NSI_T/archi/process/)
- <https://www.lyceum.fr/tg/nsi/3-architectures-materielles-systemes-dexploitation-et-reseaux/2-gestion-des-processus-par-un-systeme-dexploitation>
- [http://lycee.educinfo.org/index.php?page=creation\\_thread&activite=processus](http://lycee.educinfo.org/index.php?page=creation_thread&activite=processus)

et bien entendu de l'habituel Numérique et Sciences Informatique, 24 leçons avec exercices corrigés aux éditions Ellipses.

## Le contexte

Les années 1960 ont constitué un tournant pour les système d'exploitation. Dans le cadre du projet MAC au MIT (Massachusetts Institute of Technology), le système d'exploitation CTTS est publié en 1961. C'est l'un des tout premiers système d'exploitation à **temps partagé**, permettant à plusieurs utilisateurs d'utiliser **un ordinateur en même temps**. Cette **apparente simultanéité dans l'exécution des programmes** a permis de se diriger vers l'informatique moderne.

Le MIT s'accocia aux laboratoires BELL et à General Electric pour créer Multics qui était un système innovant, héritant de CTTS, et était l'un des premier système d'exploitation avec système de fichier hiérarchique, temps partagé, multitâche préemptif, multiutilisateur, avec une prise en compte de la sécurité. La première version sortit en 1965.

En 1969, les laboratoires BELL sortirent du projet et deux de leurs plus brillants informaticiens, [Ken THOMPSON](#) et [Dennis RITCHIE](#) qui avaient travaillé sur le projet MULTICS en conçurent une version simplifiée (ils considéraient MULTICS inutilement complexe) qu'ils nommèrent initialement UNICS puis **UNIX**. L'informatique moderne était née !

L'objectif de cette partie est de comprendre comment une machine peut exécuter plusieurs tâches de manière simultanées : si l'on prend l'exemple du smartphone, alors que nous regardons une vidéo, il va suivre les antennes relais et se synchroniser avec, écouter s'il y a un appel téléphonique ou des SMS qui arrive, vérifier les nouveaux courriers électroniques, mettre à jour les notifications des différents réseaux sociaux, etc.

Pour comprendre, il nous faudra nous poser les questions suivantes :

1. Comment sont donc exécutés les programmes par le système d'exploitation ?
2. Comment plusieurs programmes peuvent-ils être exécutés simultanément ?
3. Quels sont les risques et problèmes soulevés par ces exécutions simultanées ?

## 1. Du programme au processus



## Les processus

Un **processus** est un programme en cours d'exécution sur un ordinateur. Il est caractérisé par

- un **ensemble d'instructions** à exécuter - souvent stockées dans un fichier sur lequel on clique pour lancer un programme (par exemple `firefox.exe`)
- un **espace mémoire** dédié à ce processus pour lui permettre de travailler sur des **données** qui lui sont propres : si vous lancez deux instances de firefox, chacune travaillera indépendamment de l'autre avec ses propres données.
- des **ressources matérielles** : processeur, entrées-sorties (accès à internet en utilisant la connexion Wifi).

Il ne faut donc pas confondre le fichier contenant un **programme** (portent souvent l'extension `.exe` sous windows) et le ou les processus qu'ils engendrent quand ils sont exécutés : un programme est juste un fichier contenant une suite d'instructions (`firefox.exe` par exemple) alors que les processus sont des instances de ce programme ainsi que les ressources nécessaires à leur exécution (plusieurs fenêtres de firefox ouvertes en même temps).

Il est possible de visualiser et gérer les processus actifs d'une machine par l'intermédiaire d'un **gestionnaire de processus**, qui est un programme spécifique au système d'exploitation :

- sur windows, en utilisant `Ctrl + Alt + Del`, mais pas au Lycée... La gestion des processus étant critique, seuls les administrateurs de la machine peuvent y accéder...
- sur linux simplement par l'utilisation d'un *terminal* (la ligne de commande)

## ? Retour sur JupyterHub

Et oui ! Même si nous n'utilisons plus les notebooks de *JupyterHub* avec le remplacement par *Capytale*, nous pouvons toujours en avoir une utilité : un terminal **Linux** est toujours disponible !

1. Connectez vous sur [jupyterHub](#) (Votre identifiant est votre nom de famille immédiatement suivi de la première lettre de votre prénom. Pour le mot de passe, nous verrons en classe...)
2. Ouvrir un terminal :



3. Sous linux, les programmes sont par convention situés dans les dossiers `bin` (pour binaires en anglais):
  - `/bin/` : commandes de base nécessaires au démarrage et à l'utilisation d'un système minimaliste.
  - `/sbin/` : Exécutables pour les administrateurs (abréviation de *system binaries*, soit binaires système en français).
  - `/usr/bin/` : Binaires exécutables qui ne sont pas déjà présents dans `/bin` et donc pas indispensables à un système minimaliste.

Utiliser la commande `ls` pour **lister les programmes** présents dans `/bin/`.
4. Utilisez la commande `cat /bin/ls` pour afficher le contenu du programme `ls`. On constate que le fichier est un fichier compilé (utilisez `^ Ctrl + C` pour revenir au *prompt*).
5. Pour lancer un programme, il suffit d'écrire son **nom** (sans préciser le chemin si le dossier a été ajouté aux variables d'environnement). Par exemple vous pouvez lancer un interpréteur python par la commande `python3` (tapez `exit()` pour sortir de l'interpréteur).
6. Vous pouvez visualiser les **processus en exécution** par l'intermédiaire de la commande `ps` :
  - a. `ps` simplement listera *vos propres processus utilisateurs*
  - b. `ps -l` donnera plus de détails
  - c. `ps -a -u -x` ou `ps -aux` affichera tous les processus de tous les utilisateurs (`-a`), avec le propriétaire du processus (`-u`), ainsi que les processus qui ne sont pas attachés à un terminal (`-x`).
  - d. `ps -ef` affichera tous les processus (*every*) avec toutes les informations disponibles (*full*).
  - e. Le manuel d'utilisation de la commande `ps` est obtenu par la commande `man ps` (ou par [wikipedia](#), comme d'habitude).

## 2. Création d'un processus

## Création des processus

La création d'un processus peut intervenir

- au démarrage du système ;
- par un appel d'un autre processus ;
- par une action d'un utilisateur (lancement d'application).

Quand un processus est créé, le système d'exploitation lui alloue un identifiant unique: le **PID** (*Process Identifier*).

Sur Linux, la création d'un processus se fait par clonage d'un autre processus au travers d'un appel système `fork()`.

- le processus qui fait appel à `fork()` est appelé processus père ;
- le processus qui est ainsi créé par clonage est le processus fils ;
- après le clonage, un processus peut remplacer son programme par un autre programme grâce à l'appel système `exec()`.

Lorsqu'un processus engendre un fils, l'OS génère un nouveau PID pour le fils, et le fils connaît aussi le numéro de son père : le **PPID** (\*Parent Process Identifier)

## Le premier processus ?

Sous un système d'exploitation comme Linux, au moment du démarrage de l'ordinateur un tout premier processus (appelé processus 0 ou encore Swapper) est créé à partir de "rien" (il n'est le fils d'aucun processus). Ensuite, ce processus 0 crée un processus souvent appelé `init` ou `systemd`, il est créé au démarrage du système.

À partir de ce premier processus, les processus nécessaires au bon fonctionnement du système d'exploitation Linux sont créés (par exemple les processus `crond`, `inetd`, `getty`,...). Puis d'autres processus sont créés à partir des fils de `init`...

Ce système de création un peu particulier (désigné souvent par `fork/exec`) conduit à l'émergence d'une arborescence de processus : un processus père engendre un ou plusieurs fils qui à leur tour engendrent des fils etc...

L'instruction `ps tree` permet de visualiser l'arbre de processus :

```
jupyter-jhadmin@bjb-ubuntu-1804-v2:~$ ps tree
systemd └─ acpid
          ├─ 2* [agetty]
          ├─ apache2 ── 4* [apache2 ── 17* [{apache2}]]
          │           └─ 2* [apache2 ── 26* [{apache2}]]
          ├─ automount ── 3* [{automount}]
          ├─ cron
          ├─ dbus-daemon
          ├─ jupyterhub-sing ── bash
          │                   └─ bash ── ps tree
          │                   └─ 3* [python ── 8* [{python}]]
          │                   └─ 11* [{jupyterhub-sing}]
          ├─ python3 ── python3
          ├─ rsyslogd ── 3* [{rsyslogd}]
          ├─ sshd
          ├─ systemd-journal
          ├─ systemd-logind
          ├─ systemd-resolve
          ├─ systemd-timesyn ── {systemd-timesyn}
          ├─ systemd-udev
          └─ traefik ── 9* [{traefik}]
```

## ? Chercher les PID

### Enoncé

A l'aide de la commande `ps -ef | more`, chercher les PID et PPID des processus :

1. `systemd`
2. `apache2`
3. `cron`
4. `python3` (situé dans le dossier `/opt/`)
5. `jupyterhub_idle_culler`

### Réponses

A venir !

## ✎ Commande top

Une des commandes les plus utiles sous Linux est la commande `top`. Cette commandes affiche les processus actifs **en temps réel**. L'application est plus riche qu'il n'y paraît. Il faut passer un peu de temps à explorer toutes les options. Celles-ci s'activent par des raccourcis clavier. En voici quelques uns :

- `H` : affiche l'aide
- `M` : trie la liste par ordre décroissant d'occupation mémoire. Pratique pour repérer les processus trop gourmands
- `P` : trie la liste par ordre décroissant d'occupation processeur
- `I` : filtre les processus inactifs. Cela ne montre que ceux qui travaillent réellement.
- `K` : permet de tuer un processus - à condition d'en être le propriétaire. Essayez de tuer `systemd ...`
- `V` : permet d'avoir la vue arborescente sur les processus.
- `Q` : permet de quitter top

## 3. Etats d'un processus

Un processus n'a pas seulement besoin d'accéder au processeur, mais il a souvent besoin d'accéder à des ressources autres comme :

- la mémoire vive: RAM,
- la mémoire de masse: disques durs, clés USB, mémoire flash...
- la lecture ou l'écriture d'un fichier...
- les périphériques d'entrée et de sortie: clavier, souris, écran, imprimante...

Ces ressources externes étant beaucoup moins rapides que le processeur, elles bloquent les processus lors de leur exécution.

Ainsi, lors de la vie d'un processus, celui-ci peut passer par trois états:

- `PRET (ready)` : le processus est lancé et attend l'accès au processeur.
- `ELU (running)` : le processus a obtenu l'accès au processeur: il peut s'exécuter.
- `BLOQUE (sleeping)` : le processus est en cours d'exécution, mais attend une ressource en mémoire par exemple, il quitte le processeur pour libérer les ressources.



### Exemple

Imaginons un simple programme Python :

```
texte = input("Entrez une phrase ?")
print(f"La longueur de votre phrase est {len(texte)}")
```

Lorsqu'on exécute ce programme, un processus est créé, et passe en état **PRET**. Dès qu'il a accès au processeur, il passe dans l'état **ELU**. La première instruction est alors exécutée. Or celle-ci *attend une saisie au clavier*, et le processus ne peut pas continuer tant que l'utilisateur n'a pas agi. L'OS met alors en attente le processus (en état **BLOQUE**).

Lorsque l'OS, qui gère aussi les entrées et les sorties, repère une interaction avec le clavier, il va alors débloquent le processus, qui repassera en état **PRET**, puis en état **ELU** et exécutera alors la deuxième instruction. Sans autre intervention, le processus passera en état final (*stopped*), et se terminera naturellement. Il libérera alors les ressources mémoire qu'il occupait, et enverra un signal à son processus parent, afin que celui-ci l'élimine de la table des processus.

## 4. Terminer un processus

### Terminer un processus

Il est possible d'envoyer un *signal de terminaison* à un processus actif, par l'intermédiaire de la commande `kill`, en lui précisant le PID du processus qu'on souhaite arrêter. Un tel signal est équivalent au fait de fermer une fenêtre en interface graphique, ou bien au raccourci `Ctrl + C` dans la console.

Un tel signal est intercepté par l'application du processus et géré par cette dernière. Par exemple un logiciel de traitement de texte peut alors proposer à l'utilisateur de sauvegarder ses fichiers avant de quitter.

### Question

1. Dans JupyterHub, ouvrir un des notebooks de première.
2. Repérer le PID correspondant à cette instance de notebook (processus de type `ipython`)
3. Terminer le processus.

## Tuer un processus

parfois un processus se comporte de manière anormale, par exemple par une trop grande consommation de mémoire, ou lorsqu'une application « ne répond plus ». Il est possible dans ce cas de tuer le processus en question, en lui envoyant un signal de terminaison sans que l'application puisse l'intercepter, en passant l'option `-9` à la commande `kill`, par exemple `kill -9 13259`. En reprenant l'exemple du traitement de texte, dans ce cas les modifications ne seront pas sauvegardées et des données risquent d'être perdues. C'est une commande à utiliser avec précaution.

## Création et suppression de processus en Python

Nous allons créer un processus à partir de Python. Pour cela :

1. Dans JupyterHub, créer un fichier texte vide, puis y insérer le code suivant :

```
import time

a = 0
for i in range(100000):
    a += a**3
    time.sleep(0.01)
print("terminé")
```

2. Sauvegardez ce fichier sous le nom `test.py`
3. Ouvrez **DEUX** terminaux JupyterHub.
4. Dans le premier, utilisez la commande `python3 test.py`.
5. Dans le second, lancez la commande `ps -aux`, et cherchez le processus correspondant à l'exécution du script `test.py`.
6. Tuez le processus avec la commande `kill`, et observez ce qui se passe dans les deux terminaux.
7. Recommencez la procédure à partir de 4 en tuant le processus avec la commande `kill -9`, et observez les deux terminaux.

## Utilisation de `fork()`

1. Dans JupyterHub, créez un fichier nommé `testFork.py` dans lequel vous copierez les lignes suivantes :

```
# Python program to explain os.fork() method

# importing os module
import os, time

# Create a child process
# using os.fork() method
pid = os.fork()

# pid greater than 0 represents
# the parent process
if pid > 0 :
    print("I am parent process:")
    print("Process ID:", os.getpid())
    print("Child's process ID:", pid)

# pid equal to 0 represents
# the created child process
else :
    print("\nI am child process:")
    print("Process ID:", os.getpid())
    print("Parent's process ID:", os.getppid())

a = 0
for i in range(10000):
    a += a**3
    time.sleep(0.001)
print("Finished")

# If any error occurred while
# using os.fork() method
# OSError will be raised
```

2. Exécutez ce fichier par la commande `python3 testFork.py`. Observez dans ce terminal l'effet du script.
3. Dans un autre terminal, avec la commande `ps -ef`, observez les processus créés, ainsi que leurs PID et PPID.
4. (Si nécessaire, relancez le script !) Tuez le processus enfant. Que se passe-t-il ?
5. Relancez le script ! Tuez le processus parent et attendez quelques instants. Que se passe-t-il ?

## Processus Zombies

Parfois un processus père est tué avant que ses processus fils soient terminés. Ceux-ci restent alors dans la table des processus en situation finale, mais ne sont pas supprimés. On parle alors de **processus zombies**. Ceux-ci occupent une partie de la mémoire, tout en étant devenus inutiles...