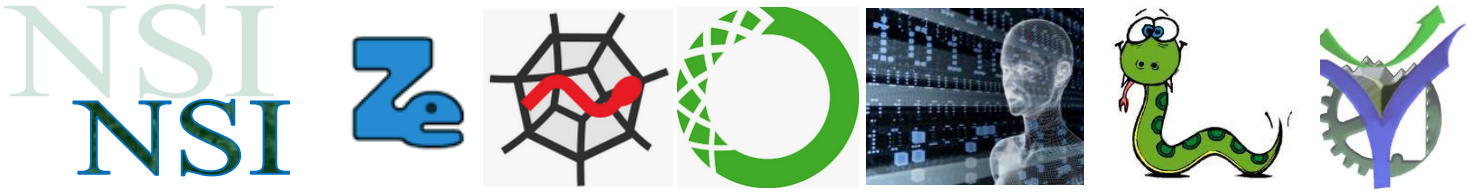


Programmes Processus Threads Ressources

Résumé[1]

Un programme,….. Nous en avons tous entendu parler, mais que ce passe-t-il quand nous le ‘lançons’ sur une machine ?

Nous entrons dans le domaine des processus, des threads, des interblocages, des processus concurrents ou parallèles …

Bienvenue sous le capot de nos ordinateurs …

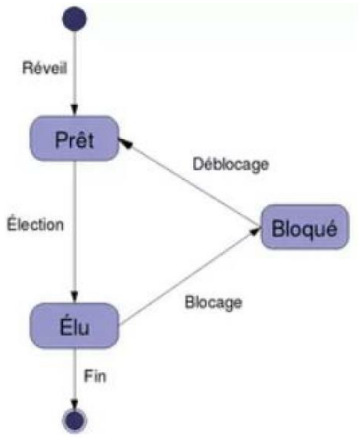


Diagramme d’état d’un processus

Sommaire

1 Programme, Processus, Threads 2
1.1 Programme Processus et Threads de quoi parle-t-on ? 2
1.2 Ressources et cycle de vie d’un processus 3
1.3 Interblocage des processus 4
2 L’Operating System ou OS 4
2.1 Brève description 4
2.2 Accès concurrent versus parallélisme 5
2.3 Le daemon 5
2.4 A la découverte du processeur 5
3 Les processus sous Linux 6
4 Une première mise en œuvre avec Python 7
4.1 La bibliothèque threading 7
4.2 Exemple de mise en œuvre 7
5 Sujet de Bac 9
5.1 Exercice n°1 9
5.2 Exercice n°2 11
6 Bibliographie 13
7 Correction des exercices 14
7.1 Exercice n°1 14
7.2 Exercice n°2 14

[1] Source Wikipédia

1 Programme, Processus, Threads

1.1 Programme Processus et Threads de quoi parle-t-on ?

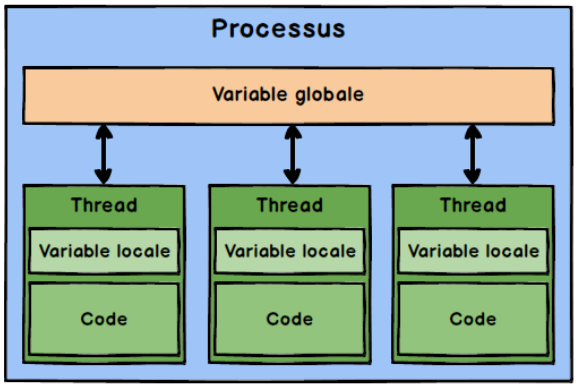
Programme

Un programme est un fichier contenant une suite d'instructions qui lorsqu'elles sont exécutées modifient l'état du processeur et de la mémoire afin de réaliser une tâche donnée. Lancer l'exécution d'un programme revient à exécuter une instance de celui-ci. Plusieurs instances sont possibles si on lance plusieurs fois le même programme.

Processus

Un programme en exécution est un processus. L'entité qui exécute la séquence d'instruction d'un programme est un thread. Il est possible, dans un processus, d'utiliser plusieurs threads. Chacun pouvant être exécuté simultanément par plusieurs cœurs.

Le processus est une instance en exécution d'un programme depuis son lancement jusqu'à sa fin. C'est le système d'exploitation qui gère les processus.



[2]

Thread

Un thread est défini en informatique comme la plus petite unité pouvant être planifiée dans un système d'exploitation. Les threads sont normalement créés par un script ou d'un programme informatique (qui sont implémentées sur un seul processeur par le multitâche).

[2] https://waytolearnx.com/2020/06/les-threads-en-python.html
https://koor.fr/Python/CodeSamples/ThreadSample.wp

1.2 Ressources et cycle de vie d'un processus

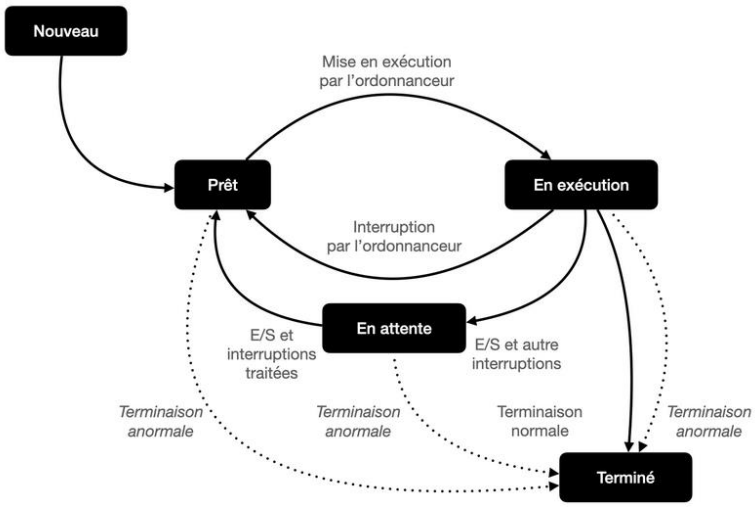
Un processus n'a pas seulement besoin d'accéder au processeur, mais il a souvent besoin d'accéder à des *ressources* autres comme:

- 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:

- **NOUVEAU** : le processus est créé et mis en place par l'OS dans la mémoire.
- **PRÊT** : le processus est lancé et attend l'accès au processeur.
- **ÉLU ou EN EXECUTION** : le processus a obtenu l'accès au processeur : il est **en exécution**.
- **BLOQUÉ ou EN ATTENTE** : le processus est en cours d'exécution, mais attend une ressource.
- **TERMINÉ** : le processus est terminé, ses ressources inutiles sont désallouées.



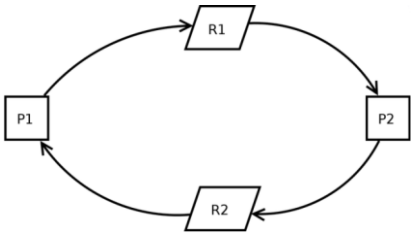
Tous les processus actifs à un instant donné dans un ordinateur sont tous concurrents pour l'accès au temps CPU et aux ressources de la machine.

- **CONCURRENCE :** plusieurs processus sont concurrents s'ils se partagent le temps processeur.
- **PARALLELISME :** plusieurs processus sont exécutés simultanément par plusieurs cœurs (core) d'un processeur moderne.

C'est le système d'exploitation ou OS qui réalise l'arbitrage du temps CPU aux processus par différents mécanismes, (*voir plus bas*).

1.3 Interblocage des processus

Un ensemble de processus est en interblocage si chaque processus attend la libération d'une ressource qui est allouée à un autre processus de l'ensemble.

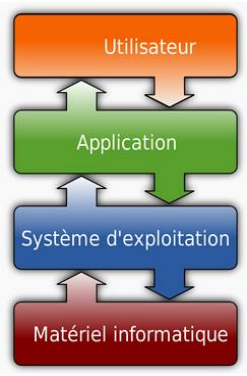


Comme tous les processus sont en attente, aucun ne pourra s'exécuter et donc libérer les ressources demandées par les autres. Ils attendront tous indéfiniment.

2 L'Operating System ou OS

2.1 Brève description

Le système d'exploitation a les responsabilités suivantes:



- Gérer le lancement des diverses applications et donner l'illusion que l'ordinateur est *multitâche*;
- identifier les utilisateurs;
- gérer l'organisation du disque dur et de ses fichiers;
- contrôler l'accès aux données du disque dur et ressources de l'ordinateur.

L'operating système organise les cycles de vie des processus. Il est lui-même un processus de plus bas niveau que nous appellerons noyau. Ce noyau gère les différents processus en les organisant dans une file d'attente.

> **Il faut bien comprendre à ce stade que l'apparition des processus est totalement asynchrone. Les processus apparaissent à des instants non définis à l'avance.**

Il répartit les ressources, temps CPU, accès mémoire selon plusieurs stratégies d'ordonnancement en voilà quelques exemples :

- Round-robin (ou méthode du tourniquet) : les processus se voient alloué une petite unité de temps, appelé quantum de temps. La file d'attente est gérée comme une file circulaire. L'ordonnanceur parcourt cette file et alloue un temps processeur à chacun des processus pour un intervalle de temps de l'ordre d'un quantum au maximum.
- FIFO : le premier processus arrivé dans la file est le premier servi.
- Shortest job first (SJF, ou SJN -*Shortest Job Next*-) : le processus le plus rapide à exécuter est servi en premier.
- LIFO : le dernier processus arrivé est servi en premier.

Q1. Comparer Round Robin et SJF, quel est le danger dans l'utilisation de SJF ? Et quel peut-être son avantage par rapport à Round Robin mais à quelle condition ?

Q2. Rappeler la signification de l'acronyme FIFO.

Q3. Rappeler la signification de l'acronyme LIFO.

2.2 Accès concurrent versus parallélisme

Concurrence

Le système d'exploitation peut donner l'apparence que tous les programmes sont simultanément exécutés avec un seul processeur. Ce n'est qu'une apparence ils se partagent le temps CPU.

Parallélisme

Si on dispose de plusieurs cœurs un vrai parallélisme est alors possible. Chacun des processus utilisant de manière indépendante un seul cœur.

2.3 Le daemon[3]

Un *daemon* mot anglais, souvent traduit erronément par *démon*, est un type de programme informatique, un processus ou un ensemble de processus qui s'exécute en arrière-plan plutôt que sous le contrôle direct d'un utilisateur.

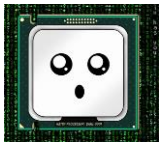
Le terme *daemon* semble être introduit en 1963 par les concepteurs de CTSS du MIT, en réponse au « dragon », terme employé par les concepteurs d'ITS. Le rétro-acronyme *Disk And Execution MONitor* (« moniteur de disque et d'exécution ») a été inventé pour justifier le terme *daemon* après qu'il fut devenu populaire.

Les *daemons* sont souvent démarrés lors du chargement du système d'exploitation (UNIX, LINUX) et servent en général à répondre à des requêtes du réseau, à l'activité du matériel ou à d'autres programmes en exécutant certaines tâches.

Sous Microsoft Windows, ces fonctions sont exécutées par des programmes appelés services.

2.4 A la découverte du processeur

VOYAGE_DANS_L_INFINIMENT_NUMERIQUE_-_LE_PROCESSEUR_1.mp4



⇦

[3] https://fr.wikipedia.org/wiki/Daemon_(informatique)

3 Les processus sous Linux

La commande ps -ef sous linux permet de visualiser la liste des processus avec la signification suivante :

La documentation Linux donne la signification des différents champs :

- `UID` : identifiant utilisateur effectif ;
- `PID` : identifiant de processus ;
- `PPID` : PID du processus parent ;
- `C` : partie entière du pourcentage d'utilisation du processeur par rapport au temps de vie des processus ;
- `STIME` : l'heure de lancement du processus ;
- `TTY` : terminal de contrôle
- `TIME` : temps d'exécution
- `CMD` : nom de la commande du processus

```
UID        PID  PPID  C STIME TTY          TIME CMD
...
pi        6211   831  8 09:07 ?        00:01:16 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --disable-quic --enable-tcp-fast-open --p
pi        6252  6211  0 09:07 ?        00:00:00 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=zygote --ppapi-flash-path=/usr/lib
pi        6254  6252  0 09:07 ?        00:00:00 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=zygote --ppapi-flash-path=/usr/lib
pi        6294  6211  4 09:07 ?        00:00:40 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=gpu-process --field-trial-handle=1
pi        6300  6211  1 09:07 ?        00:00:16 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=utility --field-trial-handle=10758
pi        6467  6254  1 09:07 ?        00:00:11 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=renderer --field-trial-handle=1075
pi       11267  6254  2 09:12 ?        00:00:15 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=renderer --field-trial-handle=1075
pi       12035   836  0 09:13 ?        00:00:00 /usr/lib/libreoffice/program/oosplash --writer file:///home/pi/Desktop/mon_fichier.odt
pi       12073 12035  2 09:13 ?        00:00:15 /usr/lib/libreoffice/program/soffice.bin --writer file:///home/pi/Desktop/mon_fichier.o
pi       12253   831  1 09:13 ?        00:00:07 /usr/bin/python3 /usr/bin/sense_emu_gui
pi       20010  6211  1 09:21 ?        00:00:00 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=utility --field-trial-handle=10758
pi       20029  6254 56 09:21 ?        00:00:28 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=renderer --field-trial-handle=1075
pi       20339  6254  4 09:21 ?        00:00:01 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=renderer --field-trial-handle=1075
pi       20343  6254  2 09:21 ?        00:00:00 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=renderer --field-trial-handle=1075
pi       20464  6211 17 09:22 ?        00:00:00 /proc/self/exe --type=utility --field-trial-handle=1075863133478894917,6306120996223181
pi       20488  6254 14 09:22 ?        00:00:00 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=renderer --field-trial-handle=1075
pi       20519   676  0 09:22 pts/0    00:00:00 ps -ef
```

Nous voyons que chaque processus est identifié par un numéro d'ID. De plus un processus peut avoir un processus parent PPID.

4 Une première mise en œuvre avec Python

4.1 La bibliothèque threading[4]

`threading` — Parallélisme basé sur les fils d'exécution (*threads*)

Démarrage, arrêt, attente de terminaison des processus

start()

Lance l'activité du fil d'exécution.

run()

Méthode représentant l'activité du fil d'exécution.

join(*timeout=None*)

Attend que le fil d'exécution se termine. Ceci bloque le fil appelant jusqu'à ce que le fil dont la méthode `join()` est appelée se termine – soit normalement, soit par une exception non gérée – ou jusqu'à ce que le délai optionnel *timeout* soit atteint.

Réservation et relâchement de ressources

Exécuté de manière atomique.

acquire(*blocking=True, timeout=- 1*)

Acquiert un verrou, bloquant ou non bloquant.

release()

Release a lock. This can be called from any thread, not only the thread which has acquired the lock.

locked()

Return `True` if the lock is acquired.

4.2 Exemple de mise en œuvre

Processus_1. Faire fonctionner puis documenter le script ci-dessous : Script_THREAD_Demo_1.py

[4] https://docs.python.org/fr/3/library/threading.html

Exemple de résultats :

```
All threads are started
Thread 9 finished!
Thread 7 finished!
Thread 5 finished!
Thread 1 finished!
Thread 3 finished!
Thread 0 finished!
Thread 8 finished!
Thread 2 finished!
Thread 4 finished!
Thread 6 finished!
counter == 1000000
```

```
All threads are started
Thread 0 finished!
Thread 3 finished!
Thread 1 finished!
Thread 7 finished!
Thread 9 finished!
Thread 5 finished!
Thread 4 finished!
Thread 2 finished!
Thread 6 finished!
Thread 8 finished!
counter == 1000000
```

Q4. Commenter ces résultats.

Le code :

```
# https://koor.fr/Python/CodeSamples/ThreadSample.wp
# Script_THREAD_Demo_1.py

from threading import Thread, Lock

class DemoThread( Thread ):

    counter = 0
    __lock = Lock()         # Try to remove

    def __init__(self, name):
        Thread.__init__(self, name=name)

    def run(self):
        for i in range(100000):
            try:
                DemoThread.__lock.acquire()         # Try to remove
                DemoThread.counter += 1
            finally:
                DemoThread.__lock.release()         # Try to remove

        print(self.name + " finished!")

# Démarrage de 10 threads
threads = []
for i in range(10):
    thread = DemoThread("Thread " + str(i))
    thread.start()
    threads.append(thread)

print("All threads are started")

# On attend que les 10 threads aient terminés.
for thread in threads:
    thread.join()

# On vérifie si l'on a bien 1 000 000 dans DemoThread.counter
print("counter == " + str(DemoThread.counter))
```

5 Sujet de Bac

5.1 Exercice n°1

EXERCICE 4 (4 points)

Cet exercice porte sur les systèmes d'exploitation : gestion des processus et des ressources.

Les parties A et B peuvent être traitées indépendamment.

Partie A :

Dans un bureau d'architectes, on dispose de certaines ressources qui ne peuvent être utilisées simultanément par plus d'un processus, comme l'imprimante, la table traçante, le modem. Chaque programme, lorsqu'il s'exécute, demande l'allocation des ressources qui lui sont nécessaires. Lorsqu'il a fini de s'exécuter, il libère ses ressources.

Programme 1	Programme 2	Programme 3
demander (table traçante)	demander (modem)	demander (imprimante)
demander (modem)	demander (imprimante)	demander (table traçante)
exécution	exécution	exécution
libérer (modem)	libérer (imprimante)	libérer (table traçante)
libérer (table traçante)	libérer (modem)	libérer (imprimante)

On appelle p1, p2 et p3 les processus associés respectivement aux programmes 1, 2 et 3.

1. Les processus s'exécutent de manière concurrente.
   Justifier qu'une situation d'interblocage peut se produire.
2. Modifier l'ordre des instructions du programme 3 pour qu'une telle situation ne puisse pas se produire. Aucune justification n'est attendue.
3. Supposons que le processus p1 demande la table traçante alors qu'elle est en cours d'utilisation par le processus p3. Parmi les états suivants, quel sera l'état du processus p1 tant que la table traçante n'est pas disponible :

   a) élu b) bloqué c) prêt d) terminé

Partie B :

Avec une ligne de commande dans un terminal sous Linux, on obtient l'affichage suivant :

```
UID        PID  PPID  C STIME TTY          TIME CMD
...
pi        6211   831  8 09:07 ?        00:01:16 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --disable-quic --enable-tcp-fast-open --p
pi        6252  6211  0 09:07 ?        00:00:00 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=zygote --ppapi-flash-path=/usr/lib
pi        6254  6252  0 09:07 ?        00:00:00 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=zygote --ppapi-flash-path=/usr/lib
pi        6294  6211  4 09:07 ?        00:00:40 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=gpu-process --field-trial-handle=1
pi        6300  6211  1 09:07 ?        00:00:16 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=utility --field-trial-handle=10758
pi        6467  6254  1 09:07 ?        00:00:11 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=renderer --field-trial-handle=1075
pi       11267  6254  2 09:12 ?        00:00:15 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=renderer --field-trial-handle=1075
pi       12035   836  0 09:13 ?        00:00:00 /usr/lib/libreoffice/program/oosplash --writer file:///home/pi/Desktop/mon_fichier.odt
pi       12073 12035  2 09:13 ?        00:00:15 /usr/lib/libreoffice/program/soffice.bin --writer file:///home/pi/Desktop/mon_fichier.o
pi       12253   831  1 09:13 ?        00:00:07 /usr/bin/python3 /usr/bin/sense_emu_gui
pi       20010  6211  1 09:21 ?        00:00:00 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=utility --field-trial-handle=10758
pi       20029  6254 56 09:21 ?        00:00:28 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=renderer --field-trial-handle=1075
pi       20339  6254  4 09:21 ?        00:00:01 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=renderer --field-trial-handle=1075
pi       20343  6254  2 09:21 ?        00:00:00 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=renderer --field-trial-handle=1075
pi       20464  6211 17 09:22 ?        00:00:00 /proc/self/exe --type=utility --field-trial-handle=1075863133478894917,6306120996223181
pi       20488  6254 14 09:22 ?        00:00:00 /usr/lib/chromium-browser/chromium-browser-v7 --type=renderer --field-trial-handle=1075
pi       20519   676  0 09:22 pts/0    00:00:00 ps -ef
```

La documentation Linux donne la signification des différents champs :

- `UID` : identifiant utilisateur effectif ;
- `PID` : identifiant de processus ;
- `PPID` : PID du processus parent ;
- `C` : partie entière du pourcentage d'utilisation du processeur par rapport au temps de vie des processus ;
- `STIME` : l'heure de lancement du processus ;
- `TTY` : terminal de contrôle
- `TIME` : temps d'exécution
- `CMD` : nom de la commande du processus

1. Parmi les quatre commandes suivantes, laquelle a permis cet affichage ?
   a) `ls -l`
   b) `ps -ef`
   c) `cd ..`
   d) `chmod 741 processus.txt`
2. Quel est l'identifiant du processus parent à l'origine de tous les processus concernant le navigateur Web (chromium-browser) ?
3. Quel est l'identifiant du processus dont le temps d'exécution est le plus long ?

5.2 Exercice n°2

EXERCICE 2 (4 points)

Cet exercice porte sur la gestion des processus par les systèmes d'exploitation et sur les opérateurs booléens.

Partie A

Cette partie est un questionnaire à choix multiples (QCM).
Pour chacune des questions, une seule des quatre réponses est exacte. Le candidat indiquera sur sa copie le numéro de la question et la lettre correspondant à la réponse exacte.
Aucune justification n'est demandée. Une réponse fausse ou une absence de réponse n'enlève aucun point.

1. Parmi les commandes ci-dessous, laquelle permet d'afficher les processus en cours d'exécution ?

   a. `dir`
   b. `ps`
   c. `man`
   d. `ls`

2. Quelle abréviation désigne l'identifiant d'un processus dans un système d'exploitation de type UNIX ?

   a. PIX
   b. SIG
   c. PID
   d. SID

3. Comment s'appelle la gestion du partage du processeur entre différents processus ?

   a. L'interblocage
   b. L'ordonnancement
   c. La planification
   d. La priorisation

4. Quelle commande permet d'interrompre un processus dans un système d'exploitation de type UNIX ?

   a. `stop`
   b. `interrupt`
   c. `end`
   d. `kill`

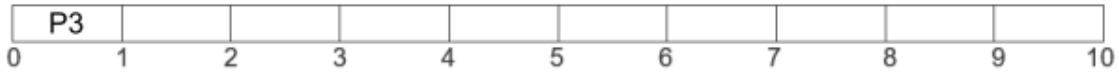
Partie B

1. Un processeur choisit à chaque cycle d'exécution le processus qui doit être exécuté. Le tableau ci-dessous donne pour trois processus P1, P2, P3 :
   - la durée d'exécution (en nombre de cycles),
   - l'instant d'arrivée sur le processeur (exprimé en nombre de cycles à partir de 0),
   - le numéro de priorité.

   Le numéro de priorité est d'autant plus petit que la priorité est grande. On suppose qu'à chaque instant, c'est le processus qui a le plus petit numéro de priorité qui est exécuté, ce qui peut provoquer la suspension d'un autre processus, lequel reprendra lorsqu'il sera le plus prioritaire.

Processus	Durée d'exécution	Instant d'arrivée	Numéro de priorité
P1	3	3	1
P2	3	2	2
P3	4	0	3

Reproduire le tableau ci-dessous sur la copie et indiquer dans chacune des cases le processus exécuté à chaque cycle.



2. On suppose maintenant que les trois processus précédents s'exécutent et utilisent une ou plusieurs ressources parmi R1, R2 et R3.
   Parmi les scénarios suivants, lequel provoque un interblocage ? Justifier.

Scénario 1
P1 acquiert R1
P2 acquiert R2
P3 attend R1
P2 libère R2
P2 attend R1
P1 libère R1

Scénario 2
P1 acquiert R1
P2 acquiert R3
P3 acquiert R2
P1 attend R2
P2 libère R3
P3 attend R1

Scénario 3
P1 acquiert R1
P2 acquiert R2
P3 attend R2
P1 attend R2
P2 libère R2
P3 acquiert R2

6 Bibliographie

Quelques ressources pour la réalisation de ce cours

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

https://dlatreyte.github.io/terminales-nsi/chap-12/3-processus/ TB avec exemples de code

https://nsi4noobs.fr/IMG/pdf/c2_tnsi_processus.pdf

7 Correction des exercices

7.1 Exercice n°1

Partie A

1. Si chaque programme est lancé et que la première ligne est exécutée, chacun aura une et une seule ressource allouée. Lors de l'exécution de la seconde ligne, chacun demandera une ressource qui ne peut être libérée. Il y aura donc interblocage.
2. `Programme 3`
   ```
   Demander (table traçante)
   Demander (imprimante)
   Exécution
   Libérer (imprimante)
   Libérer (table traçante)
   ```
3. Il sera bloqué (b)

Partie B

1. `ps -ef` (b)
2. Le processus de PID 831.
3. Le processus de PID 6211 dont le temps d'exécution de 00: 01: 16.

7.2 Exercice n°2

Partie A

1. `ls`
2. PID
3. L'ordonnancement
4. `kill`

Partie B

1. $P_3 - P_3 - P_2 - P_1 - P_1 - P_1 - P_2 - P_2 - P_3 - P_3$
2. Dans le scenario 2, P_1 détient R_1 et demande R_2. Dans le même temps P_3 détient R_2 et demande R_1. Il est impossible pour les deux processus d'avancer et d'obtenir leur seconde ressource. Il y a donc interblocage.