Gestion des processus dans un OS

M1105 - Systèmes d'exploitation

Sebastien.Kramm@univ-rouen.fr

IUT de Rouen, dépt. Réseaux & Télécoms

Version du 19 octobre 2017

Introduction

- Un OS exécute des "programmes" : terme ambigu
- Définition : Programme = fichier exécutable binaire, stocké sur unité de stockage (HDD).
  Son exécution va provoquer la création d'un processus.
- Multiplicité :
  - un programme en cours d'exécution peut être implémenté via plusieurs processus qui communiquent entre eux.
  - Le même programme peut-être plusieurs fois en mémoire : plusieurs processus peuvent exécuter le même programme
- processus = programme en cours d'exécution
- processus : activité qui possède :
  - un programme ("recette"),
  - des données ("ingrédients"),
  - un état courant (un point précis dans la recette)

  Le rôle de l'OS est de permettre l'execution de ces processus.

Application et services ?

Application

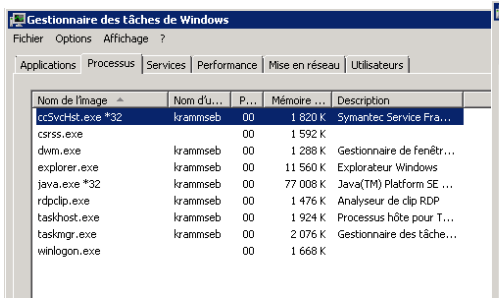
- Une **application** est un programme utilisateur (traitement de texte, jeux, navigateur, etc.), généralement associé au bureau (desktop).
- Peut-avoir un seul processus associé ou plusieurs, qui peuvent communiquer entre eux, via des mécanismes d'IPC : *Inter Process Communication*.

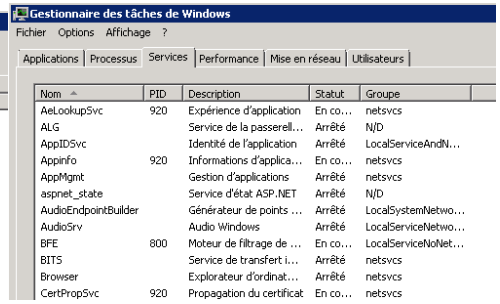
Service

- Un **service** est un processus qui s'exécute en arrière plan et n'a pas d'interactions avec l'utilisateur.
- Géré par l'OS (démarrage, arrêt), correspond à des "services" dont les applications ont besoin.
- Windows : les services sont en général exécutés via des instances du processus `svchost.exe` (*Service Host*).
- Linux : on appelle les services des *daemons*, sont souvent identifiés comme tels par la lettre "d" en fin de leur nom (exemples : `crond`, `lighttpd`, ...) (voir liste)

Windows

- Le programme "Explorateur de tâches" (`taskmgr.exe`) montre applications et services, ainsi que les processus associés.
- Accès : CTRL-ALT-SUPPR

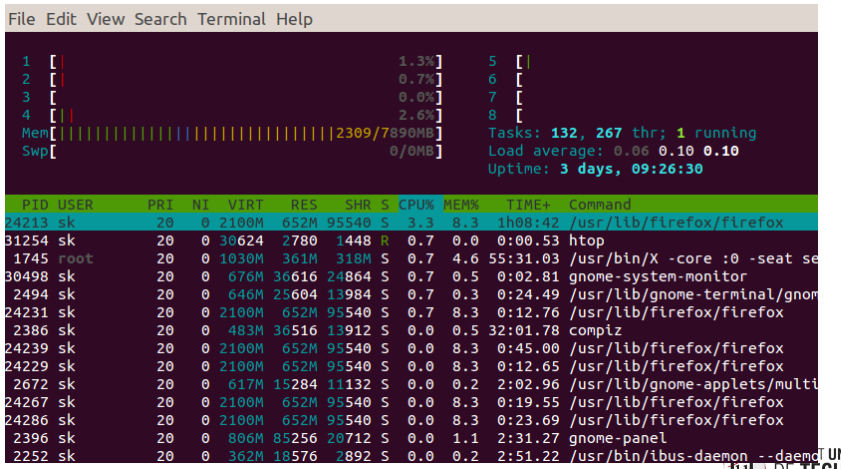




- Il existe des outils tiers plus évolués, montrant la généalogie des processus. (voir SysInternals ProcessExplorer)

Linux

- Outil GUI : selon la distribution
- Vue statique à un instant donné (*snapshot*) : commande `ps`
- vue dynamique : commande `top` et `htop` (version améliorée) :



INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

Caractéristiques d'un processus

- Un processus est caractérisé par
  - identifiant : valeur numérique entière unique : PID
  - état : en cours d'exécution, prêt (en attente d'exécution), bloqué (en attente d'I/O)
  - répertoire de travail
  - adresses et taille du bloc de mémoire alloué par l'OS
  - priorité d'exécution
  - liste des fichiers ouverts
  - ...
- Ces information sont mémorisées par l'OS dans un *Process control block* (PCB)

Pointer	Process state
Process number	
Program counter	
Registers	
Memory limits	
List of open files	
...	

Différences entre systèmes

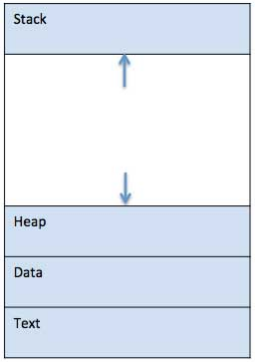
- Linux : Tous les processus ont un parent, définissant une **arborescence** de processus depuis le processus initial (`init`), lancé au boot.
- Windows : il est possible de créer un processus sans parent.

INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

Allocation mémoire

- Le chargement d'un exécutable en mémoire consiste à allouer un segment de mémoire pour chaque section :

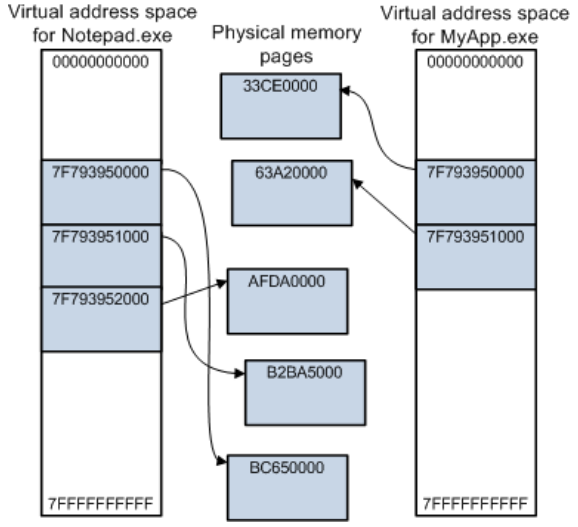
- `text` : segment de code, contient les instructions du programme à exécuter.
- `data` : segment de données : contient les variables globales ou statiques du programme.
- `heap` ("tas") : segment de données : contient les variables obtenues via une allocation dynamique de mémoire.
- `stack` : segment de pile : stockage des appels de fonctions avec les paramètres et les variables locales.



INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

Adresses virtuelles et physiques

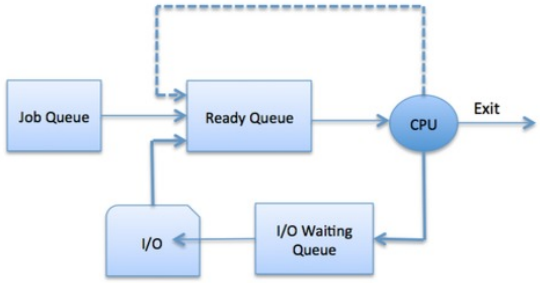
- Ces différents segments sont **virtuels** : un mécanisme de pagination donne l'adresse réelle.



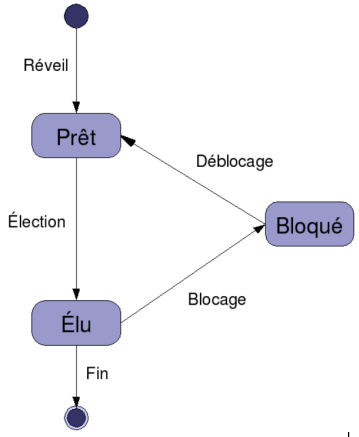
INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

États d'un processus

- Un processus est toujours dans l'un des ces 3 états :
  1. en cours d'exécution,
  2. prêt et en pause (le CPU en exécute un autre),
  3. bloqué : en attente d'un évènement externe : Attente du résultat d'un appel système (opération d'E/S)
- L'OS maintient des listes dynamiques des processus dans les cas 2 et 3.



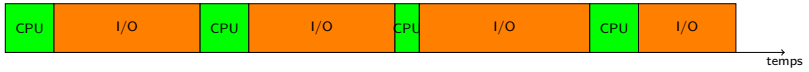
source : tutorialspoint.com



source : F. Letombe

Types de processus

- Tous les processus ne se comportent pas de la même manière (ratio calcul / attente I/O)
  - Programme GUI interactif
    → faible besoins CPU mais d'attente des I/O



  - Programme de calcul intensif (Ex : encodage de vidéo)
    → faibles besoins I/O mais beaucoup de temps CPU

- L'OS peut en déduire la durée prévisible des "burst" CPU, qu'on assimilera au temps nécessaire pour terminer le processus.

Communication avec les processus

- Différents moyens permettent d'interagir avec les processus (voir *Inter-Process Communication*).
- Le moyen le plus simple : envoi d'un **signal** par l'OS au processus.
- Le programme associé au processus peut :
  - avoir prévu la réception de ce signal, et entamer une action spécifique lors de sa réception.
  - ne **pas** avoir prévu la réception de ce signal : le processus se termine.
- ⇒ technique utilisée par l'OS lorsque l'utilisateur veut terminer un processus récalcitrant.
- Linux : envoi du signal SIGTERM (*Terminate*) depuis le shell :
  - `kill <PID>`
  - `killall <nom-process>`
- POSIX définit une trentaine de signaux différents.

Ordonnancement de tâches

Définition

Un ordonnanceur de tâches est un composant logiciel du noyau qui attribue du temps-CPU à chaque processus dans l'état "prêt", de façon à ce qu'il puisse s'exécuter en totalité.

- Objectifs :
  - Maximiser l'utilisation du processeur
  - Présenter un temps de réponse acceptable
  - Respecter l'équité entre les processus selon le critère d'ordonnancement utilisé.
- Deux types d'algorithmes : Préemptifs & Non-préemptifs
- Problématiques :
  - Commutation de tâches couteuse
  - Choix du quantum de temps

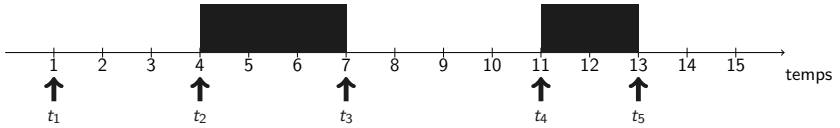
Critères de performance

- Pour comparer la performance des différents algorithmes, on a besoin de critères, qui seront soit à minimiser soit à maximiser.
- On définit les indicateurs suivants, qu'on cherchera à minimiser :
  - *Waiting time* (Temps d'attente) t_w : durée qu'un processus passe à attendre.
  - *Response time* (Temps de réponse) t_r : temps qu'il faut au système pour **commencer** à traiter le processus.
  - *Turnaround time* (Temps de rotation) t_t : temps terminaison moins temps arrivée.
- Pour caractériser la performance d'un algorithme, on calculera la moyenne de ces valeurs pour plusieurs processus.
- Pertinence : le temps de rotation est lié à la durée d'exécution intrinsèque du processus → critère peu objectif.

INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

Critères de performance : exemple

- Exemple : soit un processus qui arrive à un instant t_1, dont l'exécution commence à un instant t_2, qui est interrompu à un instant t_3.
  L'exécution reprend ensuite à un instant t_4 pour se terminer à l'instant t_5.
- On peut représenter son exécution par le graphique suivant (unité de temps arbitraire) :



- Résultats pour ce processus :
  - *Response time* $t_r = t_2 - t_1 = 3$
  - *Waiting time* $t_w = t_r + (t_4 - t_3) = 3 + (11 - 7) = 7$
  - *Turnaround time* $t_t = t_5 - t_1 = 13 - 1 = 12$

INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

Algorithmes

On peut classifier les algorithmes d'ordonnancement :

- Non-préemptifs : un processus en exécution continue jusqu'à ce qu'il se termine ou qu'il passe à l'état "bloqué" (attente d'I/O)
  - FCFS : *First Come, Firsts Serve* (premier arrivé, premier servi)
  - FJS : *Shortest-Job-First* (priorité au plus court)
- Préemptifs : un processus en exécution peut être interrompu par l'OS pour en exécuter un autre
  - SRT : *Shortest Remaining Time*
  - RR : *Round Robin* (Tourniquet)
- Algorithmes à priorité : on catégorise les processus par un niveau de priorité, déterminé en fonction de plusieurs critères.

INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

First Come, Firsts Serve (FCFS)

- Les processus qui sont prêts sont exécutés dans l'ordre de leur arrivée
- Exemple : soit les 4 processus suivants :

Processus	Date d'arrivée	Temps de traitement
A	0	3
B	1	7
C	5	4
D	6	2

- Exécution :

- Performance :
  - Réponse et attente : $t_w = t_r$ = A : 0 + B : 2 + C : 5 + D : 8 = 15
    Moyenne sur 4 processus = 3,75
  - Turnaround : t_t = A : (3-0) + B : (10-1) + C : (14-5) + D : (16-6)
    = 3 + 9 + 9 + 10 = 31
    Moyenne sur 4 processus = 7,75

INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

Shortest-Job-First (SJF)

- Implique une connaissance a priori sur la durée d'exécution.
- Principe : au moment de la sélection du prochain processus, on choisit celui avec la durée d'exécution la plus faible.
- Exemple : avec les mêmes processus que précédemment :

Processus	Date d'arrivée	Temps de traitement
A	0	3
B	1	7
C	5	4
D	6	2

- Exécution :

- Performance :
  - Réponse et attente : $t_w = t_r$ = A : 0 + B : 2 + C : 7 + D : 4 = 13
    Moyenne sur 4 processus = 3,24
  - Turnaround : t_t = A : (3-0) + B : (10-1) + C : (16-5) + D : (12-6)
    = 3 + 9 + 11 + 4 = 27
    Moyenne sur 4 processus = 6,75

Shortest Remaining Time (SRT) - 1

- Version préemptive du Shortest-Job-First

Principe

Chaque fois qu'un nouveau processus est introduit dans la file, on compare sa durée à la durée restante du processus en cours d'exécution.

- si le temps de traitement du nouveau processus est inférieur, le processus en cours d'exécution est arrêté ;
- sinon, on continue avec le processus en cours.

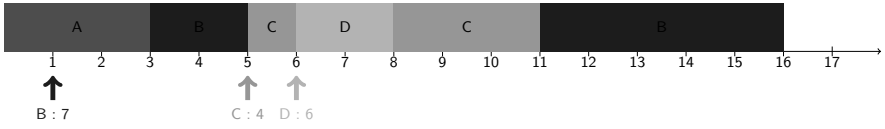
- Favorise les processus courts, les processus longs peuvent être victimes de famine.

Shortest Remaining Time (SRT) - 2

- Exemple, avec les mêmes processus que précédemment :

Processus	Date d'arrivée	Temps de traitement
A	0	3
B	1	7
C	5	4
D	6	2

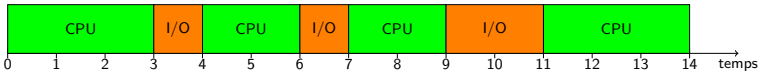
- Exécution :



- Performance :
  - Réponse : t_r = A : 0 + B : 2 + C : 0 + D : 0 = 2
    Moyenne sur 4 processus = 0,5
  - Attente : t_w =A : 0 + B : (2+6) + C : 2 + D : 0 = 10
    Moyenne sur 4 processus = 2,5
  - Turnaround : t_t = A : (3-0) + B : (16-1) + C : (11-5) + D : (8-6)
    = 3 + 15 + 6 + 2 = 26
    Moyenne sur 4 processus = 6,5

Problème

- Problème des deux algorithmes précédents : ils impliquent une connaissance de la durée d'exécution des processus... qu'on a en général pas !
- Solution : estimation statistique des durées des "burst" CPU à partir de la moyenne des exécutions précédentes.
- Exemple : on observe le comportement d'un process :



⇒ Le prochain burst CPU peut être estimé à (3+2+2+3)/4 = 2,5

Round Robin (RR) - 1

Principe

- chaque processus se voit attribuer un quantum de temps CPU ;
- un *Timer* provoque une interruption à intervalles régulier, et on bascule d'un processus à un autre ;
- un processus prêt arrivant est placé en fin de file.

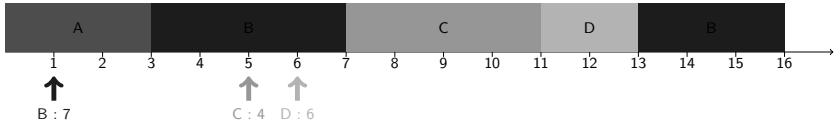
- Version de base : sans priorités
- Exemple avec un quantum de 2 unités de temps :

- Performance :
  - Réponse : t_r = A : 0 + B : 1 + C : 0 + D : 1 = 2
    Moyenne sur 4 processus = 0,5
  - Attente : t_w =A : 2 + B : 8 + C : 4 + D : 1 = 15
    Moyenne sur 4 processus = 3,75
  - Turnaround : t_t = A : (5-0) + B : (16-1) + C : (13-5) + D : (9-6)
    = 5 + 15 + 8 + 3 = 31
    Moyenne sur 4 processus = 7,75

INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

Round Robin (RR) - 2

- Exemple avec un quantum de 4 :



- Performance :
  - Réponse : t_r = A : 0 + B : 2 + C : 2 + D : 5 = 9
    Moyenne sur 4 processus = 2,25
  - Attente : t_w =A : 0 + B : 8 + C : 2 + D : 5 = 15
    Moyenne sur 4 processus = 3,75
  - Turnaround : t_t = A : (3-0) + B : (16-1) + C : (11-5) + D : (13-6)
    = 3 + 15 + 6 + 7 = 26
    Moyenne sur 4 processus = 6,5

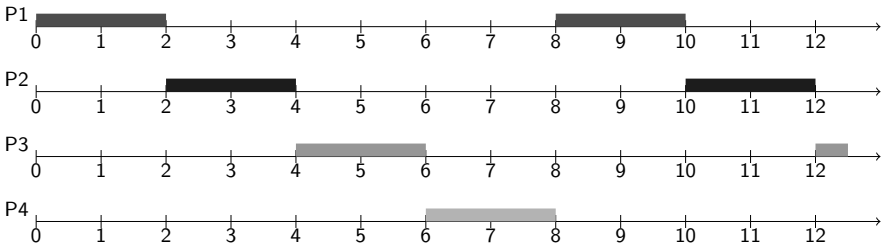
INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

Round Robin : cas générique

Avec n processus

- Chacun d'eux se voit attribuer $1/n$ du temps CPU
- Chacun d'eux attend $(n-1)/n$ % du temps
- Le temps de réponse est plus rapide

- Exemple, avec $n = 4$ et $q = 2$:



INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

Comparaison des performances

	Algo	Réponse t_r	Attente t_w	Turnaround t_t
Non-préemptifs	FCFS	3,8	3,8	7,8
	SJF	3,2	3,2	6,8
Préemptifs	SRT	0,5	2,5	6,5
	RR (q=2)	0,5	3,8	7,8
	RR (q=4)	2,3	3,8	6,5

- Cette analyse n'est valable que pour cet exemple précis.
- Pour généraliser, il faut utiliser des techniques mathématiques probabilistes (Théorie des "files d'attentes").
- Pour le *Round Robin*, a priori, il semble qu'un quantum faible améliore les performances, **sauf que...**

INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

Commutation de contexte

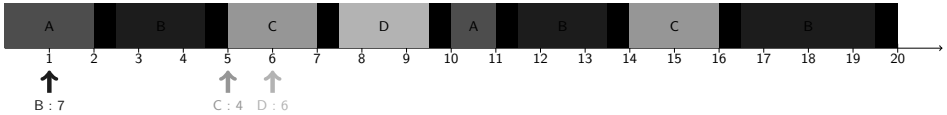
- Lors d'un changement de contexte d'un processus p1 à un processus p2, il faut
  1. sauvegarder les valeurs des registres CPU de p1
  2. charger dans les registres CPU les valeurs de p2
  3. basculer (éventuellement) le CPU du mode protégé au mode utilisateur
- Il faudra également sauvegarder et restaurer l'état des ressources utilisées par le processus (fichiers ouverts, connexion réseaux, connexions à des E/S périphériques, etc.)

A retenir

Ces opérations sont couteuses en temps, et génèrent une perte de rendement du temps CPU.

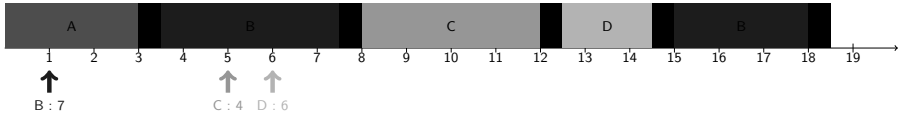
Commutation de contexte : exemple

- Hypothèse : la commutation de contexte a une durée de 0.5
- Exemple avec un quantum de 2 :



⇒ Rendement = temps total / temps utile = 16 / 20 = 80 %

- En augmentant le quantum à 4 :



⇒ Rendement = temps total / temps utile = 16/18,5 = 86 %

Règle générale pour le choix du quantum

- trop petit : baisse du rendement, trop de temps passé dans la commutation de contexte
- trop élevé : baisse de la réactivité du système (augmentation du temps d'attente)

Algorithmes à priorités : principes

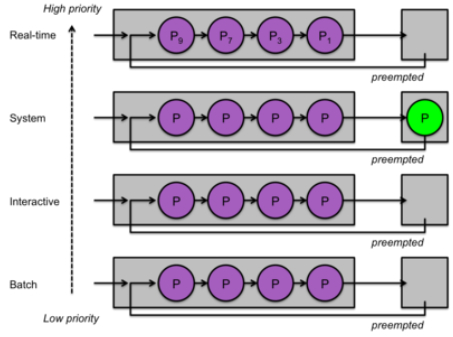
Principes

- Chaque processus se voit assigné un niveau de priorité
- l'ordonnanceur va distribuer le temps CPU en priorité aux processus ayant la priorité la plus élevée
- la priorité peut-être fixée de façon :
  - **interne** : en fonction de paramètres internes : historique du processus, mémoire utilisée, etc.
  - **externe** : fixée par l'utilisateur et/ou l'administrateur
- la priorité peut-être :
  - **statique** : ne change pas pendant toute la durée de vie du processus
    Mais problème : les tâches les moins prioritaires risquent d'être "en famine" (=jamais terminées).
  - **dynamique** : évolue dans le temps.
    ⇒ plus est processus est "ancien" dans la file d'attente, plus son niveau de priorité augmente.

Algorithmes évolués : files multiples

Dans un OS moderne, il n'y a pas qu'une seule file d'attente :
on classe les processus selon un degré de priorité dans différentes files qui sont traitées en parallèle, chacune utilisant l'algorithme le plus adapté.

- Linux/Unix : 0 = priorité la **plus** élevée
- Windows : 0 = priorité la **moins** élevée



source : Paul Krzyzanowski