8. Ordonnancement de processus

Ordonnancement de processus

- Les anciens systèmes de traitement par lots, le choix du job à exécuter était simple : on prenait le job suivant sur la bande.
- Dans un système multiprogrammé, plusieurs processus peuvent être en concurrence pour l'obtention de temps processeur.
- Cette situation se produit chaque fois que deux processus ou plus sont en état prêt en même temps.
- S'il n'y a qu'un seul processeur, un choix doit être fait quant au prochain processus à exécuter.

Ordonnancement de processus

- La partie du système d'exploitation qui effectue ce choix se nomme l'**ordonnanceur** (*scheduler*) et l'algorithme qu'il emploie s'appelle **algorithme d'ordonnancement**

- Dans cette partie du cours nous examinerons ces différentes notions liées à l'ordonnancement des processus en vue d'allouer le processeur central judicieusement

Ordonnancement de processus

1. Concept d'ordonnancement de processus

Multiprogrammation et temps partagé

- Dans un système multiprogrammé, on "démarre" plusieurs programmes à la fois, et lorsque l'un d'eux lance une E/S et donc se met "en attente" de la fin de cette Entrée/Sortie, on en profite pour utiliser le cpu pour exécuter un autre programme : on profite de la différence de vitesse importante entre l'exécution des E/S et le CPU.
- La multiprogrammation s'est généralisée et s'est encore compliquée avec l'apparition des systèmes "temps partagé" interactifs.
- L'idée de base à l'origine de la notion du "temps partagé" est d'utiliser la différence de vitesse entre le CPU et le "temps de réaction" des utilisateurs : on alloue à chaque utilisateur une petite "tranche" de temps du CPU.

Ordonnancement de processus

1. Concept d'ordonnancement de processus

Multiprogrammation et temps partagé

- Si, par exemple, le CPU peut exécuter 10 millions d'instruction par seconde, avec 10 utilisateurs, chacun aura l'impression de disposer d'un CPU travaillant à 1 millions d'instructions par seconde.
- Ce schéma simpliste peut être considérablement amélioré si on tient compte des E/S : en effet quand un programme fait une E/S, il va passer un temps important (à l'échelle du CPU) à attendre la fin de cette E/S : pendant ce temps d'attente on peut utiliser le CPU pour faire des calculs pour d'autres programmes, sans pénaliser le programme qui a fait une E/S.

Ordonnancement de processus

1. Concept d'ordonnancement de processus

Allocation du CPU et changement de contexte

- "Retirer" le processeur à un processus et l'allouer à un autre processus passe par une opération de sauvegarde du contexte de l'ancien processus et chargement du contexte du nouveau processus.
- Si plusieurs processus sont à l'état prêt, le système d'exploitation doit choisir un processus en particulier qui deviendra le processus actif.
- Ce choix est basé sur un algorithme d'ordonnancement et le module du système d'exploitation qui joue ce rôle s'appelle l'ordonnanceur (scheduler).

Ordonnancement de processus

1. Concept d'ordonnancement de processus

Définition : Ordonnancement des processus

- L'ordonnanceur (scheduler) est un module du système d'exploitation qui attribue le contrôle du CPU à tour de rôle aux différents processus en compétition suivant une politique définie à l'avance par les concepteurs du système.

Critères d'ordonnancement

- La politique d'ordonnancement doit optimiser les performances du système à travers plusieurs critères :
- **Rendement d'utilisation du CPU :** pourcentage de temps pendant lequelle CPU est actif. Plus ce paramètre est élevé mieux c'est. Ceci permettra d'augmenter le nombre de jobs achevés par unité de temps.

Ordonnancement de processus

1. Concept d'ordonnancement de processus

Critères d'ordonnancement

- **Utilisation globale des ressources:** c'est assurer une occupation maximale des ressources de la machine et minimiser le temps d'attente pour l'allocation d'une ressource à un processeur
- **Equité :** capacité de l'ordonnanceur à allouer le CPU d'une façon équitable à tous les processus de même priorité (éviter la famine).
- **Temps de rotation :** durée moyenne nécessaire pour qu'un processus termine son exécution.
- **Temps d'attente :** durée moyenne qu'un processus passe à attendre le CPU.
- **Temps de réponse :** temps moyen qui s'écoule entre le moment où un utilisateur soumet une requête et celui où il commence à recevoir les réponses.

Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

- L'ordonnanceur du CPU permet de décider à quel processus (dans la file d'attente des processus prêts) attribuer le contrôle du CPU.
- Les algorithmes d'ordonnancement réalisent la sélection parmi les processus actifs de celui qui va obtenir l'utilisation d'une ressource, que ce soit l'unité centrale, ou bien un périphérique d'entrée-sortie.
- Les stratégies d'ordonnancement peuvent être regrouper en deux catégories : sans réquisition du CPU (stratégie nonpréemptive) ou avec réquisition du CPU (stratégie préemptive).

Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

a) Ordonnancement sans réquisition du CPU

- Dans cette catégorie, un processus conserve le contrôle du CPU jusqu'à ce qu'il se bloque ou qu'il se termine. Cette approche correspond aux besoins des travaux par lots (systèmes batch). Il existe plusieurs algorithmes dans cette catégorie :

Premier Arrivé Premier Servi (FCFS : First come First Served)

- Les tâches sont ordonnancées dans l'ordre où elles sont reçues. Le processus qui sollicite le CPU le premier sera servi le premier. On utilise une structure de file.

Exemple : Temps de traitement moyen = 2.6

- La stratégie FCFS désavantage les processus courts s'ils ne sont pas exécutés en premier.

PID	Heure d'arrivée	Durée d'exécution	Début d'exécution	Heure de fin d'exécution	Temps de traitement
1	10	2	10	12	2
2	10,1	1	12	13	2,9
3	10,25	0,25	13	13,25	3

Tableau 11 : FCFS

Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

a) Ordonnancement sans réquisition du CPU

Le Plus Court Job d'abord (SJF: Shortest Job First)

- Cet algorithme nécessite la connaissance du temps d'exécution estimé de chaque processus. Le CPU est attribué au processus dont le temps d'exécution estimé est minimal.

Exemple : Temps de traitement moyen = 2.38

PID	Heure d'arrivée	Durée d'exécution	Début d'exécution	Fin d'exécution	Temps de traitement
1	10	2	10	12	2
2	10,1	1	12,25	13,25	3,15
3	10,25	0,25	12	12,25	2

Tableau 12 : SJF

- Si tous les processus sont présents dans la file d'attente des processus prêts au moment où commence l'allocation du CPU, l'algorithme SJF minimise le temps moyen de traitement, pour l'ensemble des algorithmes sans réquisition. Cette propriété n'est plus vrai si des processus entrent dans la file d'attente des processus prêts au cours de l'allocation du CPU.

Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

b) Ordonnancement avec réquisition du CPU

- Dans cette catégorie, l'ordonnanceur peut retirer le CPU à un processus avant que ce dernier ne se bloque ou se termine afin de l'attribuer à un autre processus.
- A chaque *quantum* (unité de temps) l'ordonnanceur choisi dans la liste des processus prêts un processus à qui le CPU sera alloué. Cette approche correspond aux systèmes interactifs.

Le temps restant le plus court (SRT : Shortest RemainingTime)

- C'est la version préemptive de l'algorithme SJF. Au début de chaque quantum, le CPU est attribué au processus qui a le plus petit temps d'exécution restant.

Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

b) Ordonnancement avec réquisition du CPU

Le temps restant le plus court (SRT : Shortest RemainingTime)

Exemple :

On prend un quantum = 1

- Temps de traitement moyen = 7.
- Les travaux longs peuvent être victimes de famine.

PID	Heure d'arrivée	Durée d'exécution	Début d'exécution	Fin d'exécution	Temps de traitement
A	0	5	0	10	10
B	1	2	1	3	2
C	2	5	10	15	13
D	3	3	3	6	3

Tableau 13 : SRT

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	B	B	D	D	D	A	A	A	A	C	C	C	C	C

Tableau 14 : Déroulement de SRT

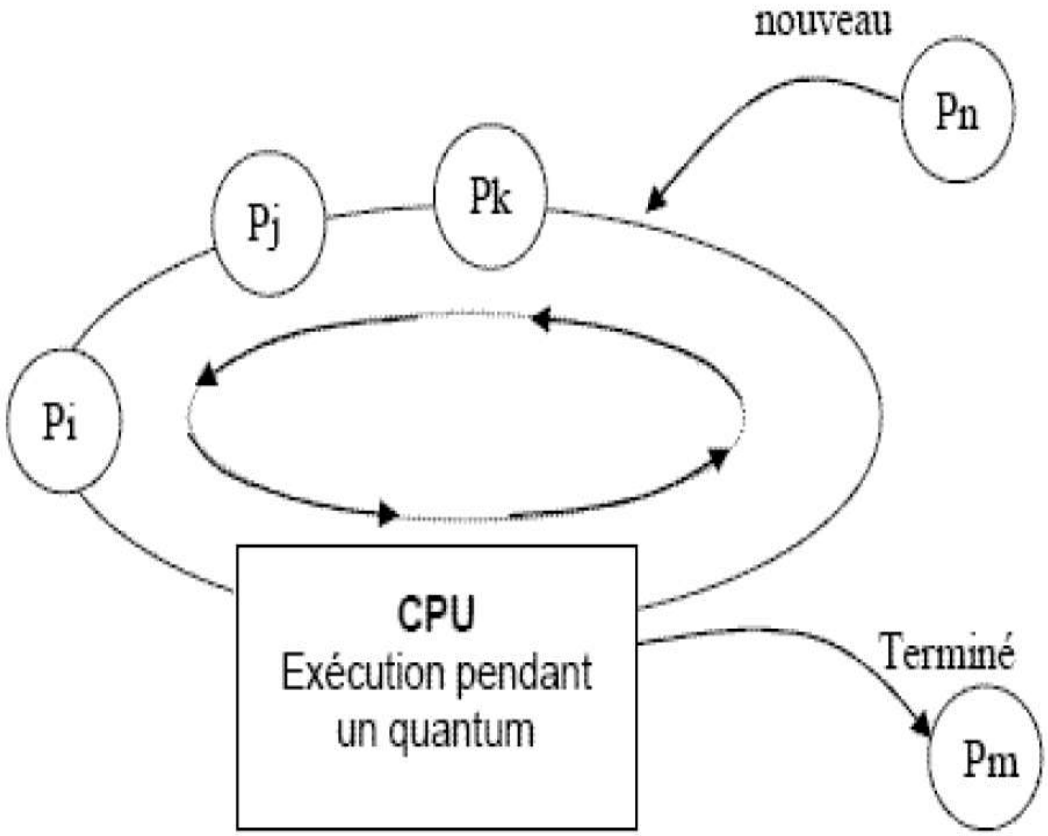
Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

b) Ordonnancement avec réquisition du CPU

Algorithme à Tourniquet (RR : Round Robin)

- Le contrôle du CPU est attribué à chaque processus pendant une tranche de temps Q, appelée quantum, à tour de rôle.
- Lorsqu'un processus s'exécute pendant un quantum son contexte est sauvegardé et le CPU est attribué au processus prêt suivant



Algorithme à tourniquet (Round Robin)

Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

b) Ordonnancement avec réquisition du CPU

Algorithme à Tourniquet (RR : Round Robin)

- Les performances de cette politique dépendent de la valeur du quantum.
- Un quantum trop grand augmente le temps de réponse, un quantum trop petit multiplie les commutations de contexte, qui, à partir d'une certaine fréquence, ne peuvent plus être négligées.

Exemple :

PID	Heure d'arrivée	Durée d'exécution	Début d'exécution	Fin d'exécution	Temps de traitement
A	0	30			
B	0,2	5			
C	0,5	2			

Tableau 15 : RR

Avec un quantum = 1 :

temps de traitement moyen = (37+11.8+5.5) /3= 18.1

Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

b) Ordonnancement avec réquisition du CPU

Algorithme à Tourniquet (RR : Round Robin)

Exemple :

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A

19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Tableau 16 : RR avec q=1

Avec un quantum = 10 : temps de traitement moyen = (37+14.8+16.5) /3= 22.76

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	C	C	A	A

19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Tableau 17 : RR avec q=10

Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

b) Ordonnancement avec réquisition du CPU

Algorithme avec priorité

- Le système associe à chaque processus une priorité : nombre mesurant l'importance du processus dans le système.
- Le CPU est attribué au processus de plus haute priorité. En cas d'égalité, l'algorithme FCFS est utilisé.
- L'ordonnancement des priorités peut être avec ou sans réquisition.

Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

b) Ordonnancement avec réquisition du CPU

Algorithme avec priorité

Exemple :

- On suppose dans cet exemple que la valeur la plus petite correspond à la priorité la plus élevée

PID	Temps d'arrivée	Durée d'exécution	Priorité
A	0	10	3
B	0	1	1
C	10	2	2
D	0	1	4
E	0	5	2

Tableau 18 : Algorithme avec priorité

Sans réquisition:

1	6	16	18	19
B(1)	E(2)	A(3)	C(2)	D(4)

Avec réquisition:

1	6	10	12	18	19
B(1)	E(2)	A(3)	C(2)	A(3)	D(4)

Tableau 19 : Déroulement algorithme avec priorité

Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

b) Ordonnancement avec réquisition du CPU

Algorithme à files multi-niveaux à retour (MFQ : Multilevel Feed-back Queues)

- MFQ met en œuvre plusieurs files d'attente dépendantes.
- Ces files peuvent être gérées de plusieurs façons donnant une panoplie d'algorithmes.
- Dans le cas des files MFQ, les processus demandeurs du processeur central sont rangés dans N (N>=2) files F1, F2, ..., Fn.

Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

b) Ordonnancement avec réquisition du CPU

Algorithme à files multi-niveaux à retour (MFQ : Multilevel Feed-back Queues)

- A chaque file est associé un quantum de temps Qi tel que Qi<Q{i+1}.
- Un processus entrant est inséré dans la file F1. Un processus situé en tête de la file Fi (i>1) ne sera pris en compte que si toutes les files Fj (0<j<i) sont vides.
- Si un processus pris dans la file Fi ne s'est pas terminé à la fin de son compte, il sera placé dans la file F{i+1}, sauf pour Fn où il y restera jusqu'à sa terminaison.
- Par contre, un processus qui se bloque pour une E /S sera placé dans la file supérieure où il sera plus prioritaire

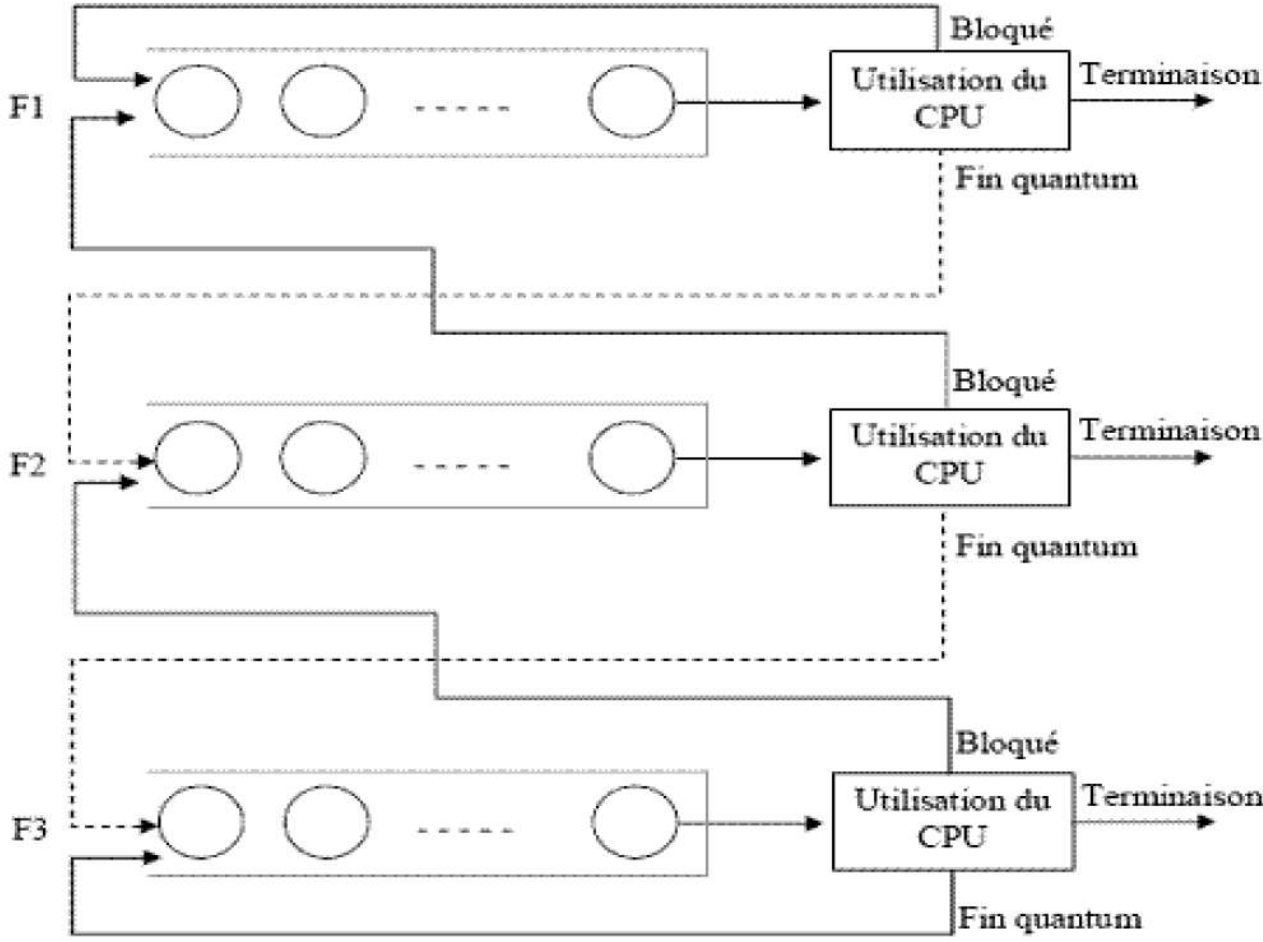
Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

b) Ordonnancement avec réquisition du CPU

Algorithme à files multi-niveaux à retour

(MFQ : Multilevel Feed-back Queues



MFQ

Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

b) Ordonnancement avec réquisition du CPU

Ordonnancement de processus sous UNIX

- L'ordonnanceur d'UNIX associe une priorité dynamique à chaque processus, recalculée périodiquement, et il utilise la stratégie du tourniquet (Round Robin) pour les processus de même priorité.
- La fonction de calcul de la priorité courante utilise les paramètres suivants :

➢ une priorité de base correspondant au niveau d'interruption du processus;

➢le temps CPU consommé récemment;

➢une priorité ajustable par le processus lui-même grâce à la primitive nice:

Ordonnancement de processus

2. Algorithmes d'ordonnancement

b) Ordonnancement avec réquisition du CPU

Ordonnancement de processus sous UNIX

➢une priorité ajustable par le processus lui-même grâce à la primitive nice:

- #include<unistd.h>
- **int nice(int incr)**

qui permet d'augmenter la valeur de la priorité de incr et donc de diminuer sa priorité. La valeur de incr doit appartenir à [0-39]. Seul le superutilisateur peut augmenter la priorité en donnant une valeur négative à incr.