RAPPORT TECHNIQUE

Politique d'ordonnancement FIFO (First In, First Out)

L'algorithme FIFO, également appelé FCFS (First Come, First Served), est une politique d'ordonnancement **non préemptive** qui exécute les processus **dans l'ordre de leur arrivée**. Chaque processus s'exécute entièrement avant que le suivant ne soit lancé, sans interruption.

Les processus sont d'abord triés selon leur temps d'arrivée afin de respecter le principe FIFO :

```
void schedule_fifo(Process processes[], int num_processes, int quantum) {
    // Trier les processus par temps d'arrivée
    qsort(processes, num_processes, sizeof(Process), compare_arrival_time)
```

Lors de l'exécution, si le processeur est libre avant l'arrivée d'un processus, le système attend jusqu'à son arrivée. Le processus démarre ensuite à l'instant courant :

```
    if (current_time < p->arrival_time) {
        current_time = p->arrival_time;
    }

    p->start time = current time;
```

Étant donné que FIFO est non préemptif, chaque processus s'exécute en **une seule tranche** correspondant à son temps d'exécution (burst time) :

```
if (p->num_slices < MAX_SLICES) {
    p->slices[p->num_slices].start = current_time;
    p->slices[p->num_slices].duration = p->burst_time;
    p->num_slices++;
}
```

Enfin, le temps courant est mis à jour, le processus se termine et son temps restant devient nul :

```
    current_time += p->burst_time;
    p->finish_time = current_time;
    p->remaining_time = 0;
```

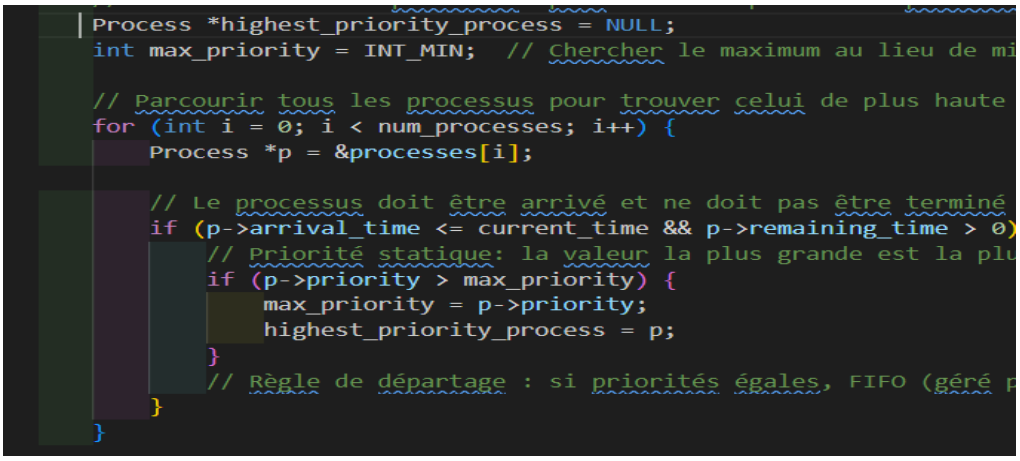
Cette politique est simple à implémenter, mais elle peut provoquer un **effet de convoi**, où les processus courts subissent un temps d'attente important lorsqu'un processus long est exécuté en premier.

Politique d’ordonnancement par priorité préemptive

L’algorithme de **priorité préemptive** exécute en priorité le processus ayant la **plus grande priorité** (valeur numérique la plus élevée). Contrairement à FIFO, un processus peut être **interrompu (préempté)** si un autre processus de priorité supérieure arrive. Les processus sont d’abord triés par **temps d’arrivée** pour gérer correctement l’ordre d’arrivée.

Sélection du processus

À chaque instant, le CPU choisit le processus **prêt avec la priorité la plus haute** :



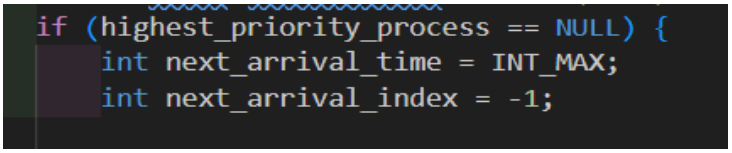
```
Process *highest_priority_process = NULL;
int max_priority = INT_MIN;  // Chercher le maximum au lieu de mi

// Parcourir tous les processus pour trouver celui de plus haute
for (int i = 0; i < num_processes; i++) {
    Process *p = &processes[i];

    // Le processus doit être arrivé et ne doit pas être terminé
    if (p->arrival_time <= current_time && p->remaining_time > 0)
        // Priorité statique: la valeur la plus grande est la plu
        if (p->priority > max_priority) {
            max_priority = p->priority;
            highest_priority_process = p;
        }
        // Règle de départage : si priorités égales, FIFO (géré p
    }
}
```

Gestion du CPU inactif

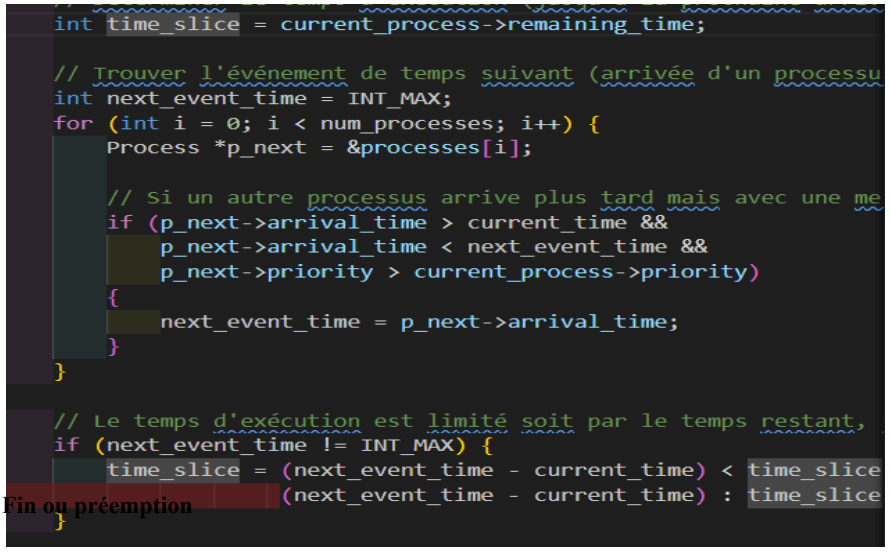
Si aucun processus n’est prêt, le CPU **attend l’arrivée du prochain processus** :



```
if (highest_priority_process == NULL) {
    int next_arrival_time = INT_MAX;
    int next_arrival_index = -1;
```

Exécution et préemption

Le processus courant s’exécute pour une durée déterminée par **son temps restant** ou **l’arrivée d’un processus plus prioritaire** :



```
int time_slice = current_process->remaining_time;

// Trouver l'événement de temps suivant (arrivée d'un processu
int next_event_time = INT_MAX;
for (int i = 0; i < num_processes; i++) {
    Process *p_next = &processes[i];

    // Si un autre processus arrive plus tard mais avec une me
    if (p_next->arrival_time > current_time &&
        p_next->arrival_time < next_event_time &&
        p_next->priority > current_process->priority)
    {
        next_event_time = p_next->arrival_time;
    }
}

// Le temps d'exécution est limité soit par le temps restant,
if (next_event_time != INT_MAX) {
    time_slice = (next_event_time - current_time) < time_slice
                 (next_event_time - current_time) : time_slice
}
```

Fin ou préemption

-Si remaining_time == 0 → processus terminé
-Sinon, il est préempté par un processus de priorité supérieure

```
// 2e. Gérer la terminaison ou la préemption
if (current_process->remaining_time == 0) {
    current_process->finish_time = current_time;
    completed_processes++;
    printf("Temps %d: Le processus '%s' termine.\n", current_time,
} else if (current_time == next_event_time) {
    // Préemption par un nouvel arrivant
    printf("Temps %d: Le processus '%s' est preempte par un nouve
} else {
    // Le processus continue son exécution jusqu'à la prochaine it
}
```

Politique d'ordonnancement Round-Robin (RR)

L'algorithme **Round-Robin** (RR) est une politique **préemptive** qui partage le CPU entre les processus en utilisant un **quantum de temps fixe**. Chaque processus s'exécute pendant **au maximum un quantum**, puis est replacé à la fin de la file d'attente s'il n'est pas terminé, permettant ainsi un partage équitable du CPU.

Gestion de la file d'attente

Les processus sont triés par **temps d'arrivée** et ajoutés à une **file prête** (ready_queue) dès qu'ils arrivent :

```
// Ajouter les processus arrivés
while (next_arrival_index < num_processes &&
    processes[next_arrival_index].arrival_time <= current_time) {
    enqueue(&ready_queue, &processes[next_arrival_index]);
    next_arrival_index++;
}
```

Exécution par quantum

Le processus en tête de la file s'exécute pour **le quantum ou le temps restant**, puis est soit terminé, soit préempté et remis en fin de file :

```
int execution_time = (current_process->remaining_time < quantum) ?
                     current_process->remaining_time : quantum;
```

```
current_time += execution_time;
current_process->remaining_time -= execution_time;
```

```
else {
    enqueue(&ready_queue, current_process);
    printf("Temps %d: '%s' preempte (restant: %d).\n",
```

Enregistrement des tranches (Gantt)

Chaque exécution partielle est enregistrée comme **slice** pour représenter le diagramme de Gantt :

```
if (current_process->num_slices < MAX_SLICES) {
    current_process->slices[current_process->num_slices].start = current_
    current_process->slices[current_process->num_slices].duration = execu
    current_process->num_slices++;
}
```

Politique Multi-Level Queue (MLQ) – Priorité + Round-Robin

L'algorithme MLQ combine priorité préemptive et Round-Robin pour gérer plusieurs processus :

1. Le processus de priorité la plus élevée est exécuté en premier.
2. Si plusieurs processus ont la même priorité, ils s'exécutent selon Round-Robin avec un quantum choisi par l'utilisateur.
3. Si un processus de priorité supérieure arrive pendant l'exécution, il peut préempter le processus courant.

Sélection du processus le plus prioritaire

Le CPU choisit la file non vide de priorité la plus haute et exécute le processus en tête de file :

```
for (int p = max_priority; p >= min_priority; p--) {
    if (p >= MAX_QUEUES) continue;
    if (!is_empty(&queues[p].queue)) {
        current = queues[p].queue.elements[queues[p].queue.front];
        selected_queue = p;
        break;
    }
}
```

Round-Robin pour les processus de même priorité

Chaque file de priorité utilise un quantum fixe et les processus sont ré-enfilés s'ils ne sont pas terminés :

```
int time_slice = queues[selected_queue].quantum;
if (current->remaining_time < time_slice) {
    time_slice = current->remaining_time;
}
```

```
current_time += time_slice;
current->remaining_time -= time_slice;
```

```
// Ré-enfiler si pas terminé (seulement dans sa file actuelle)
if (current->remaining_time > 0) {
    dequeue(&queues[selected_queue].queue);  // on l'enlève d'abor
    enqueue(&queues[current->priority].queue, current);  // on le
```

Gestion des tranches pour le Gantt

Chaque exécution partielle est enregistrée pour le diagramme de Gantt :

```
current->slices[current->num_slices].start = current_time;
current->slices[current->num_slices].duration = time_slice;
current->num_slices++;
```

Politique Multi-Level Queue avec Aging

Cette variante du **MLQ** combine **priorité préemptive**, **Round-Robin par niveau** et un mécanisme d'**aging** pour éviter l'inversion de priorité.

1. Le **processus avec la priorité dynamique la plus élevée** s'exécute en premier.
2. Si plusieurs processus ont la **même priorité dynamique**, ils sont exécutés en **Round-Robin** avec un **quantum interne fixe**.
3. Chaque unité de temps exécutée **diminue la priorité dynamique** du processus (aging), ce qui favorise les processus moins prioritaires qui attendent depuis longtemps.

Initialisation des processus

Chaque processus démarre avec sa **priorité statique**, un **quantum interne** pour le RR et le temps restant :

```
p->remaining_time   = p->burst_time;
p->dynamic_priority = p->priority;
p->quantum_left     = AGING_QUANTUM;
```

Sélection et exécution

À chaque unité de temps, le CPU choisit **le niveau de priorité le plus élevé non vide** et exécute **1 ms** du processus en tête :

```
Process *current = dequeue(&queues[lvl]);
```

```
current->remaining_time--;
current->quantum_left--;
```

Application de l'aging

La priorité dynamique du processus diminue à chaque exécution pour favoriser l'avancement des processus moins prioritaires :

```
if (current->dynamic_priority > 0) {
    current->dynamic_priority--;
}
```

Réinsertion et Round-Robin

Si le processus **n'est pas terminé**, il est réinséré dans la file correspondant à sa **nouvelle priorité dynamique**. Le quantum interne est réinitialisé si nécessaire :

```
    if (current->quantum_left == 0) {
        current->quantum_left = AGING_QUANTU
    }

    int new_pr = current->dynamic_priority;
    if (new_pr < 0) new_pr = 0;
    if (new_pr > MAX_LEVELS) new_pr = MAX_LE

    enqueue(&queues[new_pr], current);
}
```

Enregistrement des tranches pour le Gantt

Chaque unité de temps est enregistrée comme **slice** pour représenter l'exécution dans le diagramme de Gantt :

```
    current->slices[s].start    = time;
    current->slices[s].duration = 1;
    current->num_slices++;
```

Makefile – Gestion de la compilation et des bibliothèques dynamiques

Le **Makefile** est un composant essentiel du projet, permettant de **compiler automatiquement le code source**, de créer les **bibliothèques dynamiques pour les politiques d'ordonnancement**, et de **gérer l'exécution et l'installation**.

1/ Variables et configuration

Compilateur et flags :

Le compilateur gcc est utilisé avec des flags pour activer les avertissements, le debug et le standard C99. Les flags GTK+ 3 sont automatiquement détectés pour l'interface graphique.

```
CC = gcc

# Détection automatique des flags GTK+ 3.0
GTK_CFLAGS = $(shell pkg-config --cflags gtk+-3.0)
GTK_LIBS   = $(shell pkg-config --libs gtk+-3.0)

# Flags de compilation
CFLAGS = -Wall -Wextra -g -std=c99 -fPIC -pthread $(GTK_CFLAGS)

# Flags de linkage
LDFLAGS = $(GTK_LIBS) -ldl -lpthread -lm   # -ldl pour dlopen,
```

Répertoires :

Les **répertoires** servent à organiser le code et les fichiers du projet. Ils indiquent au compilateur **où trouver les sources, les headers et les politiques**.

```
# Répertoires
SRCDIR   = src
INCLDIR  = includes
POLDIR   = policies
CONFIGDIR = config
```

Sources et bibliothèques dynamiques :

Sources (.c) :

Ce sont les fichiers du code principal qui définissent le fonctionnement de l'ordonnanceur :

Ils sont compilés en fichiers objets (.o) avant de créer l'exécutable.

Contient la logique principale, les fonctions utilitaires et l'interface graphique.

```
# Fichiers sources principaux (gui.c est ton fichier avec l'IHM Gantt)
SRC_FILES = main.c parser.c simulation.c utils.c gui.c
SRC       = $(addprefix $(SRCDIR)/, $(SRC_FILES))
```

Bibliothèques dynamiques (.so) :

Ce sont les fichiers compilés à partir des politiques d'ordonnancement (dans policies/)

```
# Bibliothèques dynamiques (.so) des politiques
POL_SOURCES = $(wildcard $(POLDIR)/*.c)
POL_SO      = $(POL_SOURCES:.c=.so)
```

Les fichiers .c sont compilés en .o pour créer l'exécutable final, et en .so pour les bibliothèques dynamiques, permettant de **charger les politiques à la volée** sans recompiler le programme.

2/ Compilation des fichiers

Fichiers sources principaux → objets :

Chaque fichier .c dans src/ (ex : main.c, simulation.c, utils.c, gui.c, parser.c) est compilé en fichier objet .o grâce à la règle :

```
# Compilation des fichiers .c → .o
$(SRCDIR)/%.o: $(SRCDIR)/%.c
    $(CC) $(CFLAGS) -I$(INCLDIR) -c $< -o $@
```

Ces fichiers objets sont ensuite liés pour créer **l'exécutable final** ordonnanceur :

```
$(EXECUTABLE): $(OBJECTS)
    $(CC) $(CFLAGS) -rdynamic $^ $(LDFLAGS) -o $@
```

Politiques dynamiques (.so) :
Les fichiers .c dans policies/ sont compilés en **bibliothèques partagées .so**, chargées dynamiquement par le programme :

```
$(POLDIR)/%.so: $(POLDIR)/%.c
    @echo "Construction de la politique $@"
    $(CC) $(CFLAGS) -I$(INCLDIR) -c $< -o $(POLDIR)/$*.o
    $(CC) -shared $(POLDIR)/$*.o -o $@
    rm -f $(POLDIR)/$*.o
```

3/ Règles pratiques

-make → Compile tout (exécutable + bibliothèques).

-make clean → Supprime tous les fichiers .o, .so et l'exécutable.

-make re → Nettoie puis recompile complètement.

```
clean:
    rm -f $(OBJECTS) $(EXECUTABLE)
    rm -f $(POLDIR)/*.o $(POLDIR)/*.so

# Recompiler tout proprement
re: clean all

# Règle pratique pour exécuter directement après compilation
run: all
    @echo "Lancement avec un fichier de test (exemple : processes.txt)"
    ./$(EXECUTABLE) $(CONFIGDIR)/processes.txt   # change le fichier si tu
```

Installation système ou locale :
Le Makefile copie l'exécutable et les bibliothèques dans /usr/local/bin si possible, sinon dans un dossier local ./bin :

```
INSTALL_DIR = /usr/local/bin
install: $(EXECUTABLE) $(POL_SO)
    @echo "Installation dans $(INSTALL_DIR)..."
    @if [ -w $(INSTALL_DIR) ]; then \
        cp $(EXECUTABLE) $(INSTALL_DIR)/; \
        mkdir -p $(INSTALL_DIR)/policies; \
        cp $(POL_SO) $(INSTALL_DIR)/policies/; \
        echo "Installation réussie dans $(INSTALL_DIR)"; \
```