

LES SYSTÈMES D'EXPLOITATION

GESTION DES PROCESSUS ET DES THREADS

🎓 3A - Cursus Ingénieurs - Dominante Informatique et Numérique
🏛️ CentraleSupélec - Université Paris-Saclay - 2025/2026



Idir AIT SADOUNE
idir.aitsadoune@centralesupelec.fr

PLAN

- La notion du processus
- La gestion des processus par l'OS
- La notion du thread
- L'ordonnancement
- La synthèse

[Retour au plan](#) - [Retour à l'accueil](#)

PLAN

- La notion du processus
- La gestion des processus par l'OS
- La notion du thread
- L'ordonnancement
- La synthèse

[Retour au plan](#) - [Retour à l'accueil](#)

PROGRAMME vs PROCESSUS

- Un **programme** est un **ensemble d'instructions** (code exécutable) écrit dans un langage de programmation et **stocké sur un support** (disque, SSD, etc.).
 - **le programme est passif** → c'est **un fichier** sur le disque tant qu'il n'est pas exécuté.
 - ne consomme aucune ressource système tant qu'il n'est pas lancé.
- Un **processus** est un programme **en cours d'exécution**.
 - c'est une **entité active**, créée et gérée par le système d'exploitation.
 - **Exemple** → lorsque on ouvre le programme Firefox, il devient un processus.
- Un **programme** peut donner **naissance à plusieurs processus**.
 - **Exemple** → si on ouvre plusieurs fenêtres de Firefox, on aura plusieurs processus.
- Un **processus** est forcément **créé par un autre processus**
 - le système d'exploitation par exemple
 - l'appel système **fork()** sous **UNIX/Linux**

PROGRAMME vs PROCESSUS

QUELQUES EXEMPLES ...

- Dans un OS moderne, plusieurs processus s'exécutent en parallèle :
 - les processus de l'OS (gestion du réseau, gestion des utilisateurs, ...)
 - le shell (toute l'interface graphique → plusieurs processus).
 - l'IDE **VSCode** avec lequel je tape ce cours.
 - le navigateur **Chrome** qui me permet de visualiser ce cours.
- Commande **top** sous Unix/Linux → afficher en temps réel la liste des processus actifs et l'utilisation des ressources du système (CPU, mémoire, etc.).

```
$ top -stats command,pid,ppid,cpu,pstate

COMMAND      PID      PPID      %CPU      STATE
launchd        1          0      8.5      sleeping
top       74562    34386      3.7      running
Terminal     34311        1      3.0      sleeping
WindowServer   169        1      2.5      sleeping
...
```

PLAN

- La notion du processus
- La gestion des processus par l'OS
- La notion du thread
- L'ordonnancement
- La synthèse

[Retour au plan](#) - [Retour à l'accueil](#)

RÔLE DE L'OS

- **Création et suppression de processus**
 - Programme → processus
 - Munir le programme des **informations** nécessaires pour son **exécution**
- **Suspension et reprise**
 - Multiprogrammation → **interrompre et reprendre** les processus
 - **Gestion de la mémoire** où sont stockées les processus interrompus
- **Communication et synchronisation**
 - Partage de données entre plusieurs processus
 - **Consistance** de l'état de la mémoire

RÔLE DE L'OS

- **Création et suppression de processus**
 - Programme → processus
 - Munir le programme des **informations** nécessaires pour son **exécution**
- **Suspension et reprise**
 - Multiprogrammation → **interrompre et reprendre** les processus
 - **Gestion de la mémoire** où sont stockées les processus interrompus
- **Communication et synchronisation**
 - Partage de données entre plusieurs processus
 - **Consistance** de l'état de la mémoire

CRÉATION DE PROCESSUS

Rappel → un processus est forcément créé par un autre processus

L'**OS** crée un processus à la demande :

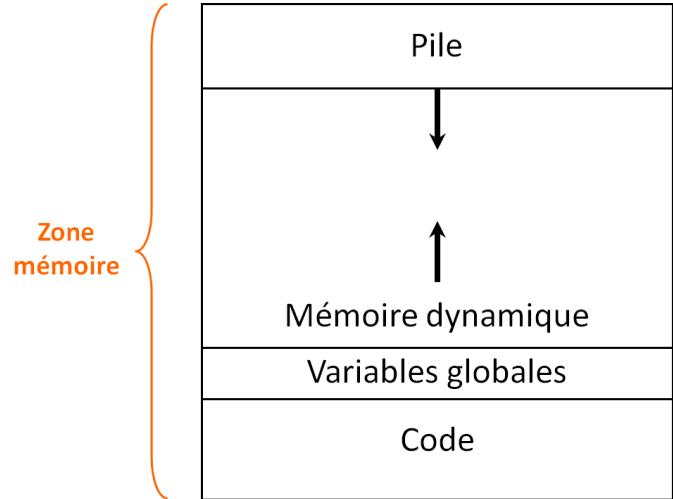
- Lorsqu'**un utilisateur** lance un programme.
- Lorsqu'**un processus** engendre un autre processus:
 - **sous UNIX/Linux** → 2 **appels système**
 - ➡ **fork** pour créer un processus à partir du processus courant (le processus est **duplicé**)
 - ➡ **exec** pour **remplacer** le processus courant par un autre processus
 - **sous WINDOWS**
 - ➡ **createprocess** pour créer un processus (le processus courant est **conservé**)

Lorsque l'**OS** crée **un processus** → il charge le code **en mémoire**, initialise **les structures (PCB)**, et le met dans la file des **processus prêts à exécuter**.

L'ESPACE MÉMOIRE D'UN PROCESSUS

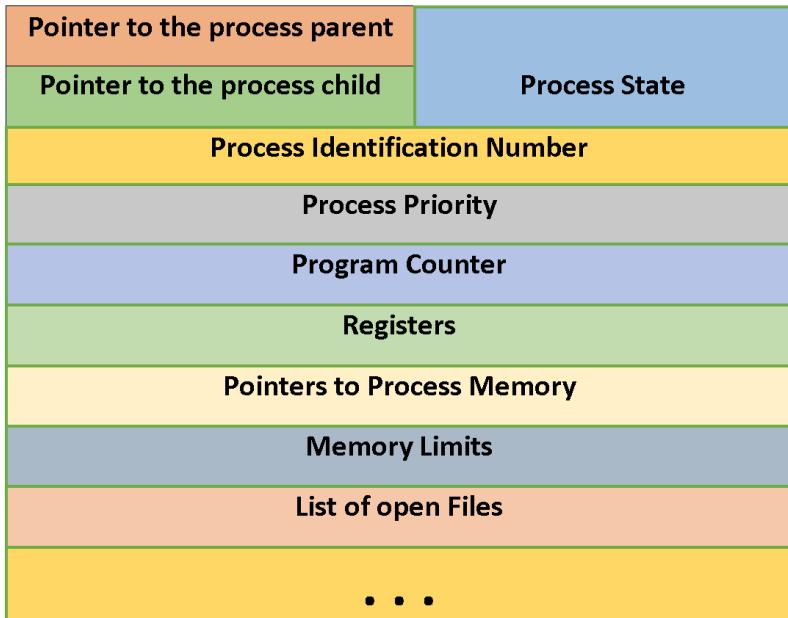
Le processus a **son propre espace mémoire**, son compteur ordinal (PC), ses registres, ses descripteurs de fichiers, etc.

- **Code exécutable** en lecture seule
(taille connue)
- **Variables/Constantes globales**
(taille connue)
- **Pile** pour gérer les contextes et les variables temporaires (taille inconnue)
- **Le TAS ou la Zone d'allocation dynamique de mémoire** (taille inconnue)



PROCESS CONTROL BLOCK - PCB

Structure de données contenant des informations utilisée par le système d'exploitation pour définir et gérer un processus.

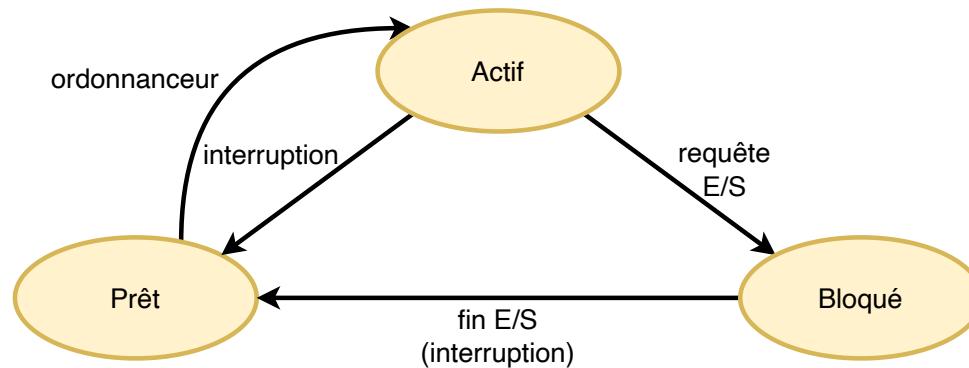


Tout ce qui doit être sauvegardé pour interrompre puis reprendre l'exécution d'un processus.

RÔLE DE L'OS

- **Création et suppression de processus**
 - Programme → processus
 - Munir le programme des **informations** nécessaires pour son **exécution**
- **Suspension et reprise**
 - Multiprogrammation → **interrompre et reprendre** les processus
 - **Gestion de la mémoire** où sont stockées les processus interrompus
- **Communication et synchronisation**
 - Partage de données entre plusieurs processus
 - **Consistance** de l'état de la mémoire

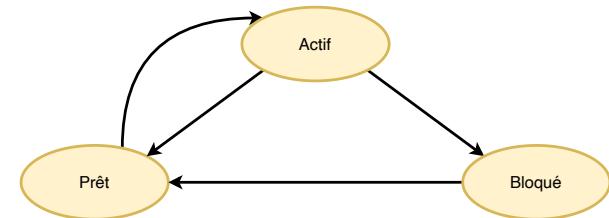
CYCLE DE VIE DU PROCESSUS



[0-1] processus en exécution, [0-n] processus prêts, [0-n] processus en attente

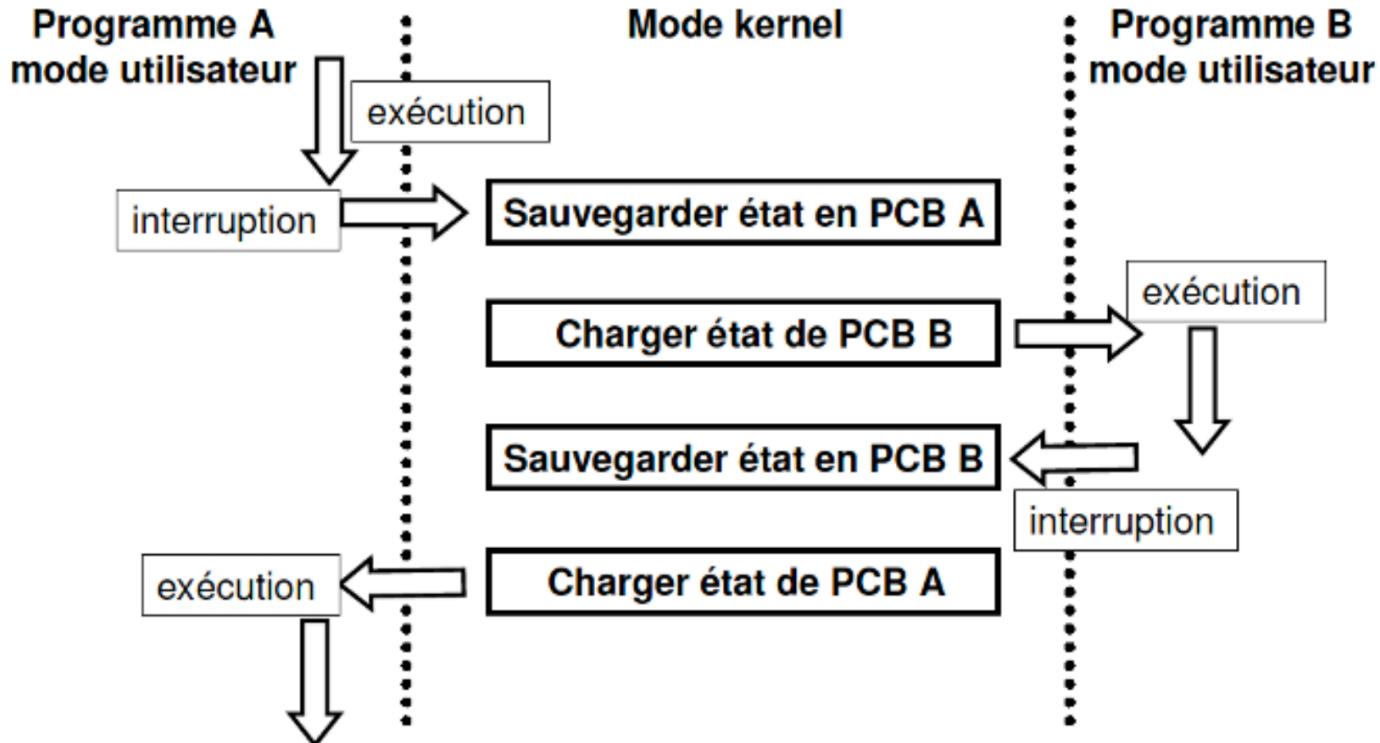
SUSPENSION DE L'EXÉCUTION

- Le processus en exécution laisse la main si:
 - ➡ son quantum a expiré → état **Prêt**
 - ➡ crée un processus fils (**fork**) → état **Prêt**
 - ➡ fait une demande d'E/S → état **Bloqué**
 - ➡ exécute **wait** → état **Bloqué**



COMMUTATION DE PROCESSUS

Changements de contexte



RÔLE DE L'OS

- **Création et suppression de processus**
 - Programme → processus
 - Munir le programme des **informations** nécessaires pour son **exécution**
- **Suspension et reprise**
 - Multiprogrammation → **interrompre et reprendre** les processus
 - **Gestion de la mémoire** où sont stockées les processus interrompus
- **Communication et synchronisation**
 - Partage de données entre plusieurs processus
 - **Consistance** de l'état de la mémoire

ACTIONS DE L'OS

- **Mémoire** → chaque processus a son propre espace mémoire
 - ⇒ pas de problème de consistance mémoire/processeur
- **Verrous (locks)** → un processus verrouille l'accès à une ressource
 - ⇒ gestion de l'accès à une **section critique**
 - ⇒ file d'attente pour l'accès à la ressource
- **Outils** et Algorithmes de **synchronisation**
 - ⇒ l'**OS** propose différents outils de synchronisation
 - ⇒ files de messages, mémoire partagée, tubes (**pipes**), sockets, etc.
 - ⇒ voir cours Synchronisation des processus (**prochain chapitre**)

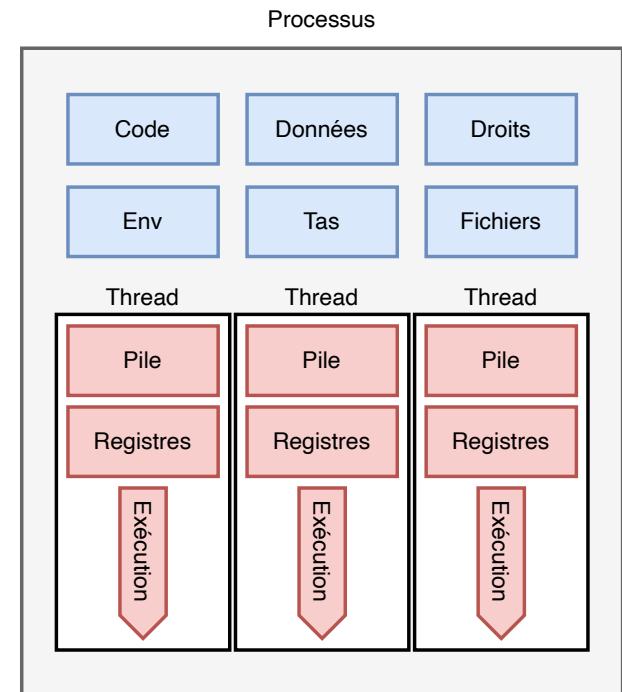
PLAN

- La notion du processus
- La gestion des processus par l'OS
- La notion du thread**
- L'ordonnancement
- La synthèse

[Retour au plan](#) - [Retour à l'accueil](#)

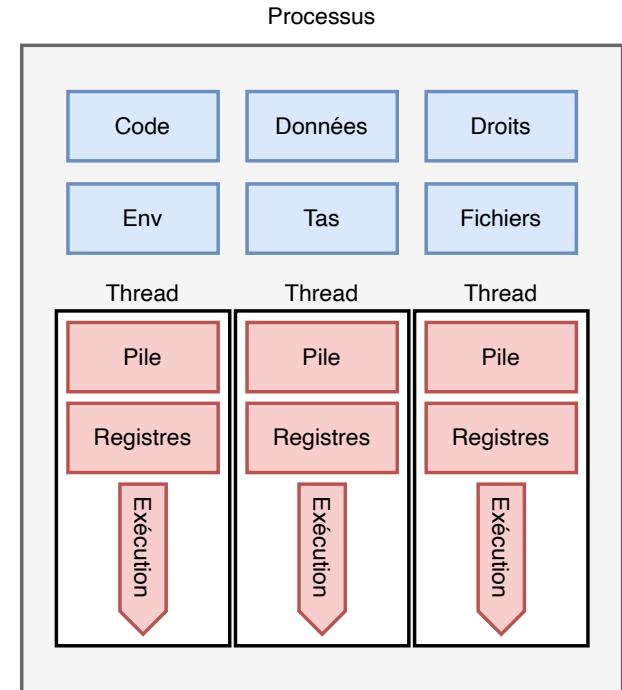
THREAD vs PROCESSUS

- Un thread est l'unité d'exécution de base d'un processus, décrit par son point d'exécution et son état interne (registres, pile, ...).
 - ➡ un processus peut avoir plusieurs threads
 - ➡ les threads partagent le code et les données du processus (l'espace mémoire du processus)
 - ➡ chaque thread a sa propre pile et partage les mêmes variables globales avec les autres threads
- Un thread est également appelé processus léger.
- Exemple → un navigateur web
 - ➡ le navigateur entier = un processus.
 - ➡ chaque onglet ou tâche = un thread à l'intérieur du processus.



UTILISATION DES THREADS

- Le **Thread** permet la gestion de **plusieurs traitements en parallèle** dans le même processus.
 - ➡ création d'un thread ≡ exécuter une fonction en parallèle par **un appel système** :
sous **Unix** → `pthread_create()`
sous **Windows** → `CreateThread()`
 - ➡ le passage de ressources entre threads facilité.
 - ➡ les variables dans le contexte du même processus.
- **Performances améliorées** par rapport aux processus :
 - ➡ création plus rapide;
 - ➡ changement de contexte plus rapide;
 - ➡ partage du code → gain de place en mémoire;
 - ➡ réactivité → le processus s'exécute pendant qu'un thread est en attente.



PLAN

- La notion du processus
- La gestion des processus par l'OS
- La notion du thread
- L'ordonnancement
- La synthèse

[Retour au plan](#) - [Retour à l'accueil](#)

MULTIPROGRAMMATION vs TEMPS PARTAGÉ

- **Multiprogrammation**
 - le **but** → maximiser l'utilisation du **CPU** (éviter qu'il reste inactif)
 - la capacité d'un **OS** à garder **plusieurs processus en mémoire.**
- **Temps partagé (time sharing)**
 - le **but** → améliorer la **réactivité** et le **partage équitable du CPU**.
 - le **CPU** est partagé entre **plusieurs processus**.
 - chaque processus utilise le **CPU** pendant un **quantum de temps**.
 - l'**OS alterne rapidement** entre processus
 - donner l'illusion qu'ils **s'exécutent simultanément**
- L'**OS** gère ces mécanismes via :
 - un **ordonnanceur (scheduler)** décidant quel processus obtient le **CPU**
 - des **files d'attente** de processus (**prêt, actif, et bloqué**),
 - des **interruptions** permettant de reprendre le contrôle à la fin d'un quantum.

L'ORDONNANCEMENT

- L'**ordonnancement** est le mécanisme par lequel l'**OS** décide quel **processus** obtient le **CPU** et pendant combien de temps (**quantum de temps**).
- Dans l'**analyse d'un ordonnancement**, on ne s'intéresse pas à la durée totale d'un processus ... mais au **temps** pendant lequel il va **garder le CPU** :
 - ➡ jusqu'à ce qu'il **termine** (fin d'exécution)
 - ➡ jusqu'à ce qu'il **fasse une E/S** (→ à l'état **bloqué**)
 - ➡ jusqu'à ce que l'**OS** décide que **ce n'est plus son tour** (fin de **quantum**, → à l'état **actif**)
- Le remplacement d'un processus en cours d'exécution a un coût (**commutation de contexte**)
 - exécution de la **routine d'ordonnancement**
 - sauvegarde du **contexte** (registres + **PC**)
 - chargement d'un nouveau **contexte**

LES CRITÈRES D'UN ORDONNANCEMENT

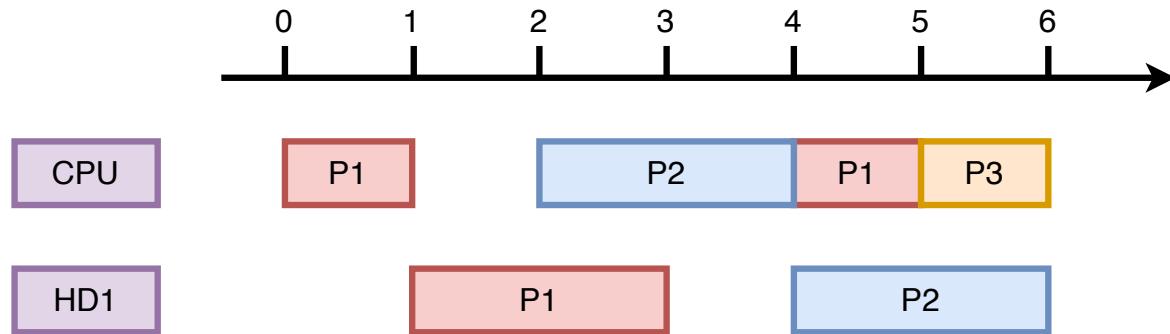
- être équitable (**fairness**) vis-à-vis des processus ;
- maximiser l'utilisation globale du processeur (**efficace**) ;
- avoir un comportement le plus **prévisible** possible ;
- permettre un maximum d'utilisateurs interactifs (**réactif**) ;
- minimiser le surcoût (**overhead**) lier à la parallélisation ;
- assurer une **utilisation maximale** des ressources ;
- gérer convenablement les **priorités**.

Objectif → choisir un **algorithme d'ordonnancement** qui **minimise ou maximise un critère**.

LES CRITÈRES D'UN ORDONNANCEMENT

LE TAUX D'UTILISATION

Proportion de temps pendant lequel le CPU est utilisée

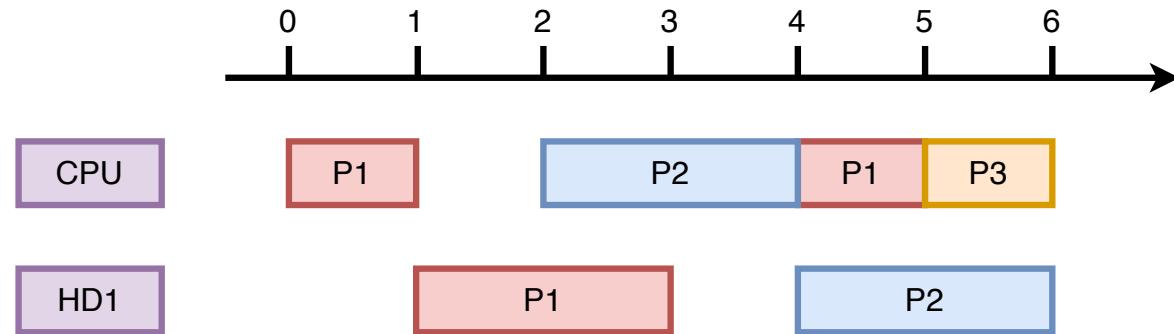


$$taux = \frac{5}{6} = 83\% \rightarrow \text{à maximiser}$$

LES CRITÈRES D'UN ORDONNANCEMENT

LE DÉBIT

Nombre moyen de processus traités par unité de temps

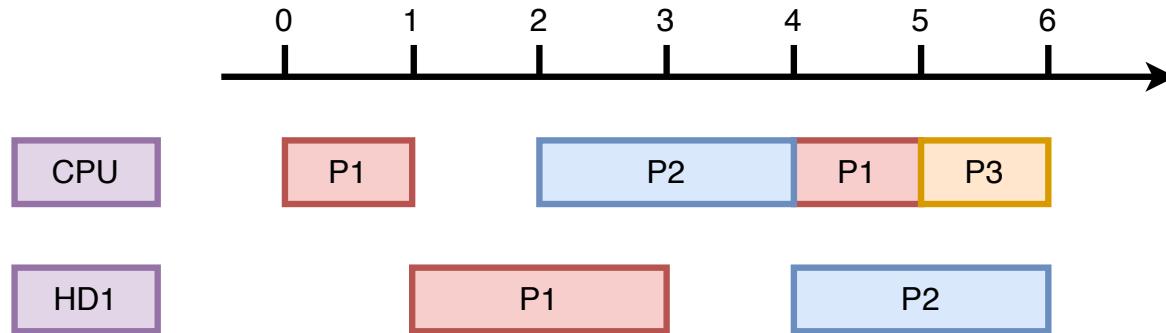


$$nb = \frac{3}{6} = 0.5 \rightarrow \text{à maximiser}$$

LES CRITÈRES D'UN ORDONNANCEMENT

LE TEMPS D'ATTENTE

Temps total passé par tous les processus dans la file prêt

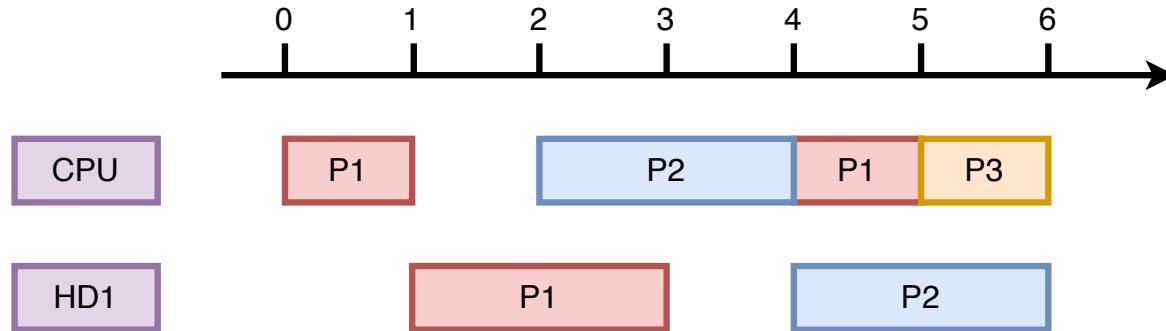


$$moyenne = \frac{1+2+5}{3} = 2.66 \rightarrow \text{à minimiser}$$

LES CRITÈRES D'UN ORDONNANCEMENT

LA ROTATION

Durée d'un processus → temps de réponse du processus
 $(date_terminaison - date_creation)$



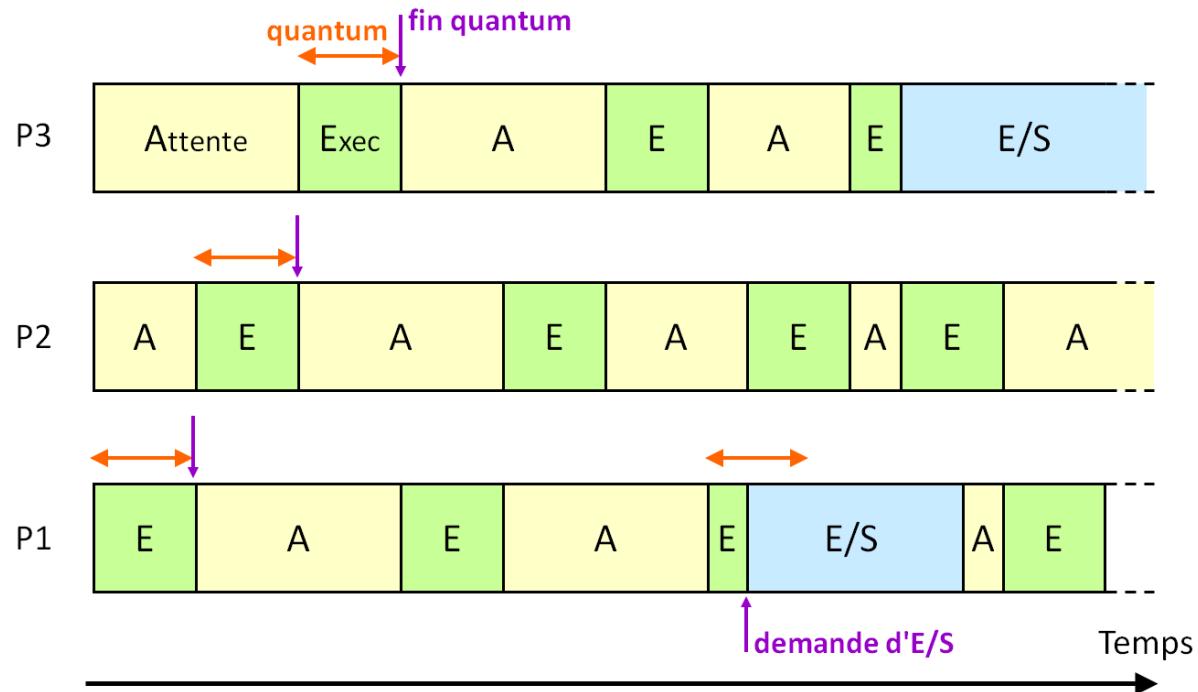
$$moyenne = \frac{5+6+6}{3} = 5.66 \rightarrow \text{à minimiser}$$

ORDONNANCEMENT

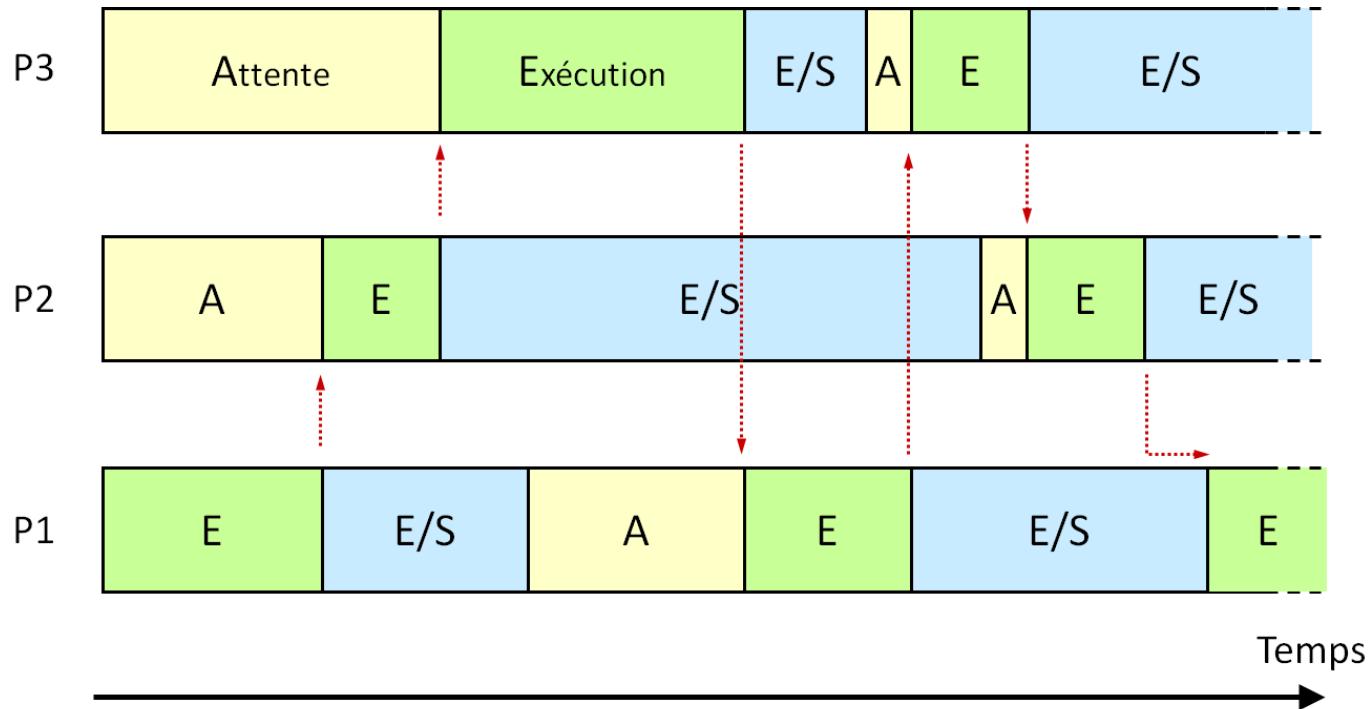
PRÉEMPTIF vs NON PRÉEMPTIF

- Ordonnancement **préemptif** (avec réquisition)
 - l'**OS** peut interrompre un processus en cours pour en exécuter un autre :
 - ➡ quand le **quantum** est écoulé
 - ➡ lorsqu'**un processus plus prioritaire** demande à utiliser le **CPU**
 - assure une meilleure réactivité
 - indispensable pour les **systèmes temps réel** ou les **systèmes interactifs**.
- Ordonnancement **non préemptif**
 - un processus **garde le CPU** jusqu'à ce que :
 - ➡ il se termine
 - ➡ il se bloque (en attente d'une ressource)
 - plus **simple**, mais moins réactif.

ORDONNANCEMENT PRÉEMPTIF



ORDONNANCEMENT NON PRÉEMPTIF



DE NOMBREUSES STRATÉGIES FIFO SANS PRÉEMPTION

- **Principe:**

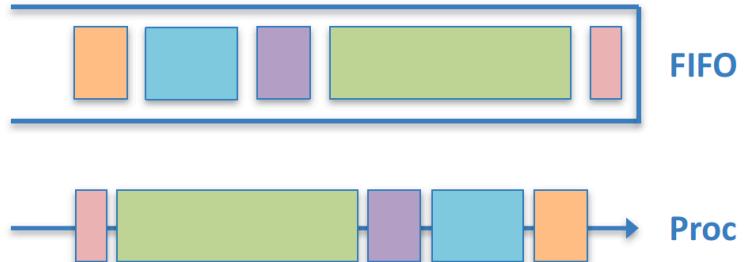
➡ premier arrivé, premier servi.

- **Avantages :**

- ✓ Simple à implémenter
- ✓ Équitable dans l'ordre d'arrivée

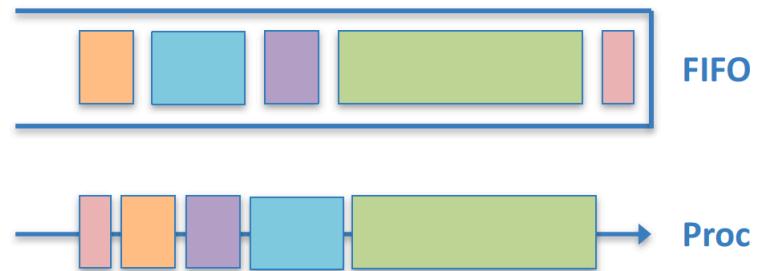
- **Inconvénients :**

- ✗ Peu efficace → des processus ont "longtemps" le processeur
- ✗ Peu réactif → des processus peuvent attendre longtemps



DE NOMBREUSES STRATÉGIES PLUS COURT D'ABORD

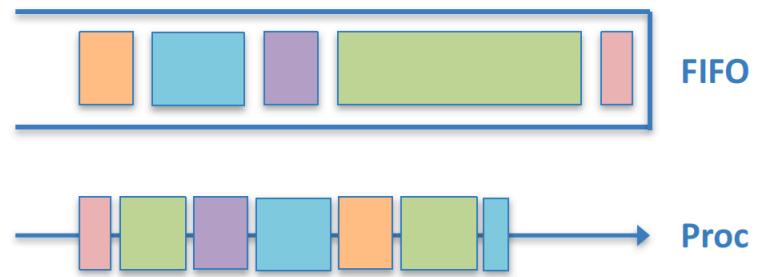
- **Principe :**
 - ➡ priorité au processus le plus court
- **Avantages :**
 - ✓ Réactif → avantage aux petits processus
 - ✓ Optimal sur le temps d'attente moyen
- **Inconvénients :**
 - ✗ Pas efficace → les processus ont moins le processeur s'il y a beaucoup d'E/S
 - ✗ Non équitable → on peut avoir une **famine** des gros processus



DE NOMBREUSES STRATÉGIES

ROUND-ROBIN (FIFO PRÉEMPTIF)

- **Principe :**
 - ➡ FIFO avec quantum de temps
- **Avantages :**
 - ✓ Équitable → tout le monde a le processeur
 - ✓ Réactif → les processus n'attendent pas
- **Inconvénients :**
 - ✗ Temps d'attente moyen plus élevé
 - ✗ Beaucoup de commutations → surcoût!



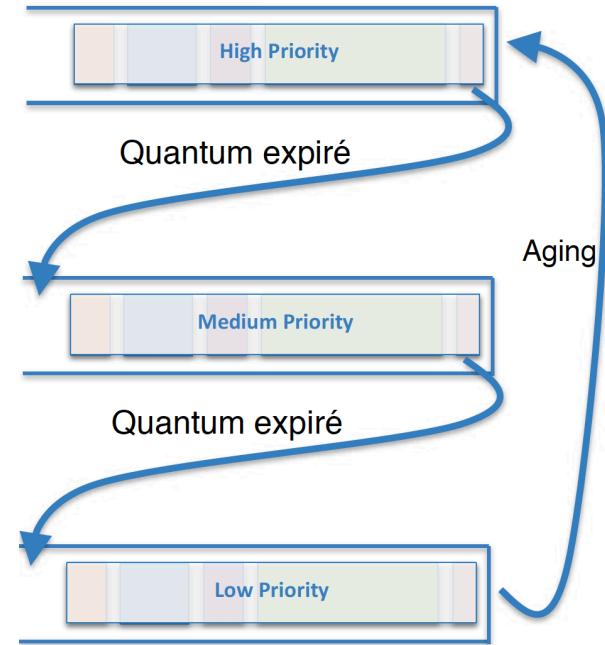
DE NOMBREUSES STRATÉGIES FILES DE PRIORITÉS

- Plusieurs files d'attente
- La durée des quantums peut dépendre de la file
- ✓ favorise le temps de réponse des processus systèmes
- ✗ Comment choisir la priorité ?



DE NOMBREUSES STRATÉGIES FILES DE PRIORITÉS DYNAMIQUES

- La priorité d'un processus peut être modifiée par l'OS
 - par exemple sortie d'attente I/O
 - attente longue en file basse priorité
- **Utilité** → Windows NT, MacOS X, Linux
- Notion de **classe de priorités**



EXAMPLE - SOLARIS

OS DES MACHINES SUN ENTRE 1993 ET 2000

Principe

- Quantum de temps selon priorité (0 = priorité max)
- Priorité modifiée à la fin du quantum ou après une E/S
 - ➡ prioritaire → grand quantum
 - ➡ quantum consommé → priorité augmentée
 - ➡ E/S → priorité diminuée

EXEMPLE - WINDOWS XP ET APRÈS

Principe

- Priorité + Round Robin
 - ➡ gérée au niveau des threads uniquement
 - ➡ 32 niveaux de priorité
 - ➡ ordonnancement préemptif par niveau de priorité
- Priorité dynamique
 - ➡ baissée à la fin du quantum
 - ➡ remontée après chaque E/S → interface graphique plus réactive!

EXAMPLE - LINUX, MACOS X

Principe

- 2 algorithmes:
 1. Tâches **temps réel** → préemptif selon priorité, **FIFO** ou **RR** par priorité
 2. Autres tâches → temps partagé équitable
- Système de crédits
 - ➡ chaque processus dispose d'un **crédit** = sa priorité
 - ➡ le processus le plus riche l'emporte (préemptif)
 - ➡ perte de 1 crédit à la fin du quantum
 - ➡ si aucun processus **prêt** n'a de crédit, **tous** les processus sont re-crédités
→ $credit' = credit/2 + credit_{init}$

PLAN

- La notion du processus
- La gestion des processus par l'OS
- La notion du thread
- L'ordonnancement
- La synthèse

[Retour au plan](#) - [Retour à l'accueil](#)

SYNTHÈSE

- Un **processus** est un programme exécuté par un processeur
- L'OS stocke les informations sur les processus dans un **PCB**
- L'OS assure la **consistance** des données en mémoire
- Les **threads** partagent le code, l'environnement et le tas
- **Ordonnancement** = choix d'un processus à exécuter
- Algorithmes d'ordonnancement :
 - FIFO
 - Plus court d'abord
 - Round-Robin

MERCI

[Version PDF des slides](#)

[Retour à l'accueil](#) - [Retour au plan](#)