

Architecture et Système

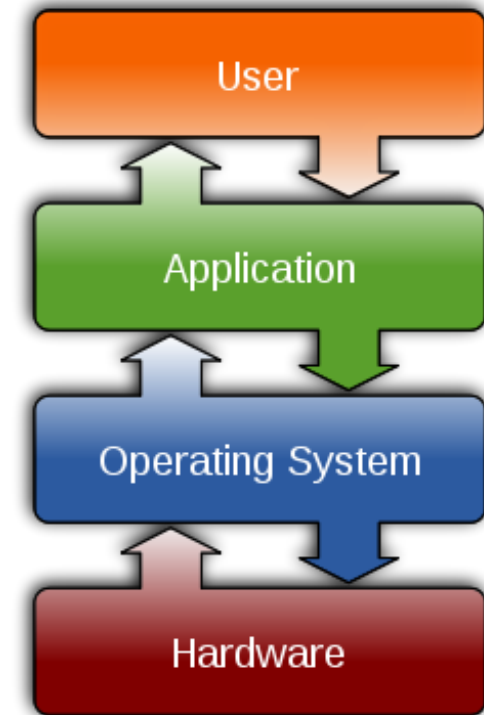
Stefan Schwoon

Cours L3, 2024/2025, ENS Paris-Saclay

Systeme d'exploitation

Caractérisation selon *Tanenbaum*:

Software consists of two categories: the system programs, which enable the operation of the computer, and the application programs, which resolve the user's problems. The operating system is the most important of the system programs. It controls the resources of a computer and provides a basis for the application programs.



Du coup le système intervient entre le matériel et les logiciels avec lesquels un utilisateur travaille.

Tâches d'un système d'exploitation

Facilitation, par exemple :

Mise à disposition des fonctionnalités communes

Abstraire les détails du matériel, permettre aux mêmes logiciels de fonctionner sur divers ordinateurs (**bibliothèques**)

Permettre la concurrence et communication entre applications (**ordonnancement, gestion de mémoire, entrée/sortie**)

Stockage de données (**système de fichiers**)

Tâches d'un système d'exploitation

Contrôle, par exemple :

Assurer qu'aucun utilisateur ne gêne un autre (par accident ou malveillance)

Protéger les applications d'un utilisateur en cas l'une parmi elles produit une erreur

Assurer une distribution juste des ressources

Protection contre les virus etc.

Modes utilisateur et privilégié

Les processeurs courants typiquement possèdent au moins deux modes différents : **mode utilisateur** et **mode privilégié** (ou *mode noyau*).

Réalisation technique : un bit dans le registre de statut, pris en compte pour certains opérations.

Limitations en mode utilisateur (exemples)

toute interaction avec les périphériques est interdite

l'accès mémoire est restreint ; certaines adresses sont 'lecture seulement' ou 'hors limite'

on ne peut pas interdire les interruptions

pas de modification des vecteurs d'interruption

Modes utilisateur et privilégié

En mode privilégié :

toute opération est permise

accès mémoire non-restreint

modification de la configuration mémoire (p.ex. droits d'accès)

interdiction des interruptions possible (protection d'opérations critiques)

modification des vecteurs d'interruption

Modes utilisateur et privilégié

L'ordinateur **démarre en mode privilégié** et charge le système d'exploitation.

Le système fait alors le suivant (toujours en mode privilégié) :

Mise en place du code privilégié (le **noyau**).

Basculer les vecteurs d'interruption vers les bonnes adresses dans le système (notamment interruption horloge pour l'ordonnancement)

Configurer les accès mémoire pour les processus utilisateur

Basculer en mode utilisateur et lancer un premier processus utilisateur (p.ex. un login)

Modes utilisateur et privilégié

Comment basculer du mode utilisateur vers mode privilégié ?

Réalisation technique selon type de processeur, p.ex.:

par **interruption** (matériel ou logiciel)

par une instruction **syscall**

Dans les deux cas, la fonctionnalité du système ...

est fournie dans une zone mémoire contrôlée et non-modifiable ;

est le seul code à fonctionner en mode privilégié ;

fournit un accès indirect aux périphériques etc à travers une interface bien définie.

Les appels système

Interface pour demander un service au noyau :

Mécanisme typique : (**direct.s**)

tout service correspond à un numéro

l'identifiant du service et d'autres paramètres sont mis dans les registres

on exécute un appel système (p.ex. une interruption logiciel)

Ces détails dépendent de la version précise du système – pas standardisé.

Le programmeur n'est pas censé utiliser ce mécanisme directement, mais à travers des bibliothèques.

Organisation d'un système d'exploitation

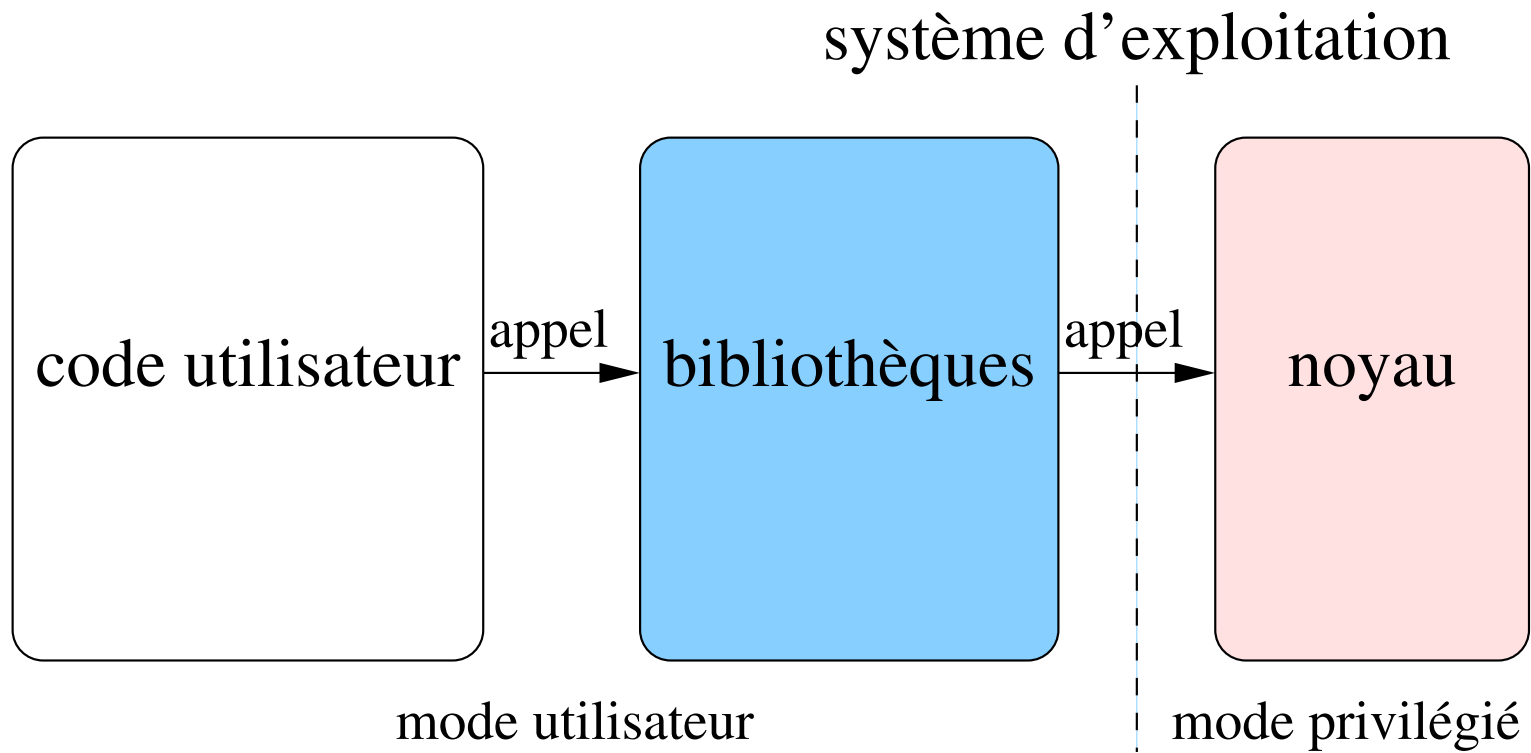
On distingue les composants suivants :

Le **noyau** (*kernel*): code privilégié qui gère l'interaction entre les processus et entre les périphériques

Les **bibliothèques** qui réalisent une interface standardisée entre applications et noyau

Applications de bas niveau (shell, ls, ...)

Fonctionnement des appels système:



Les bibliothèques système

Interface standardisé entre code utilisateur et noyau.

Dans Linux : (`hello.c`)

`ltrace` affiche les appels bibliothèque d'un processus

`strace` affiche les appels systèmes dans la forme des appels bibliothèque.

Pages man :

Section 1 : Applications de bas niveau

Section 2 : Bibliothèque système

Section 3 : Autres appels de bibliothèque (p.ex. `printf`)

etc

La norme POSIX

Pour permettre la compatibilité entre différents systèmes, les vendeurs ont créé des **normes**.

Dans ce cours on traite la norme **POSIX** qui est réalisée par plusieurs systèmes importants :

MacOS (complètement compatible)

Linux (largement compatible)

Windows (partiellement, p.ex. pour fichiers et réseaux)

Liens statiques et dynamiques

La liaison entre le code d'un programme et les bibliothèques peut être ...

... **dynamique** : (à défaut)

code bibliothèque non inclus dans fichier exécutable ; bibliothèques partagées

le fichier exécutable contient des informations sur les bibliothèques requises (ldd)

lors du lancement, un *éditeur de liens* assure que tout appel pointe vers la bonne adresse

... **statique** :

le code des appels bibliothèque est inclus dans un fichier exécutable lors de la compilation

Drapeau `-static` dans gcc

Applications de bas niveau

Ensemble de programmes pour interagir avec le système.

Exemples: ligne de commande et d'autres programmes associés (`ls`, `cat`, ...)

On pourrait y ajouter l'interface graphique – la distinction entre programmes “du système” et “applications” n'est pas toujours précise.

Domaines d'un système d'exploitation

Processus, signaux, ordonnancement

Fichiers, réseau, entrées/sorties en général

Gestion de mémoire

Gestion d'utilisateurs

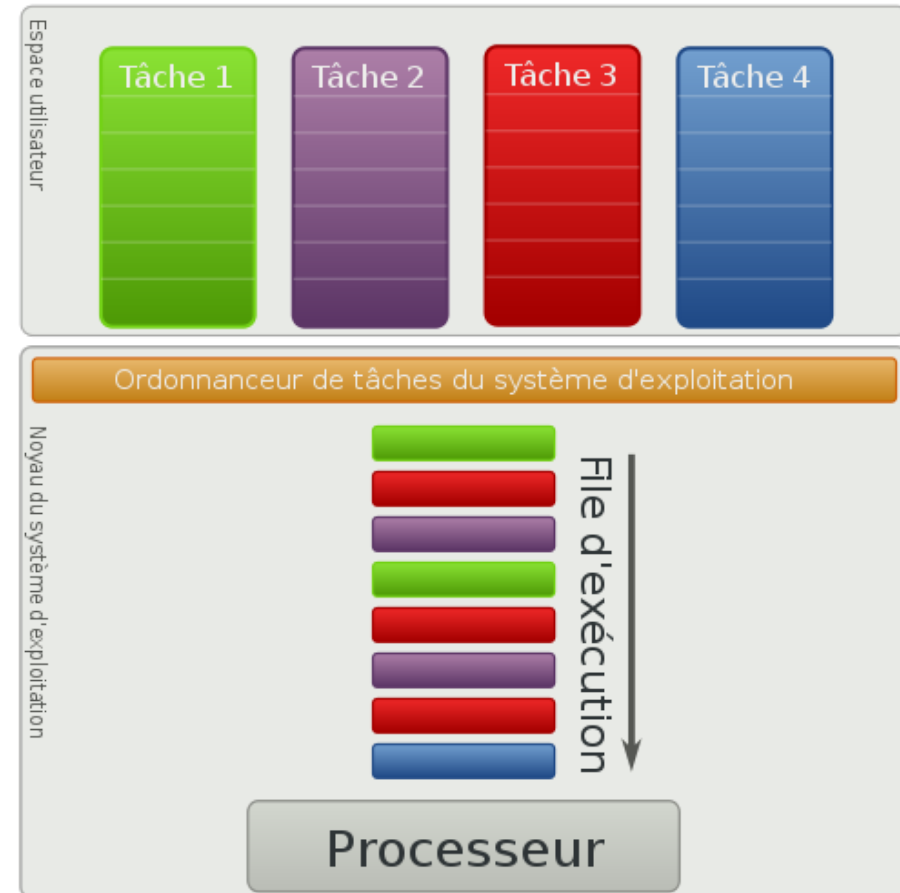
(éventuellement interface graphique)

...

Processus

Processeur central: opération séquentielle, exécute une instruction à la fois (éventuellement avec des interruptions)

Processus: structure dans le système représentant une “unité d’exécution”; le système lui assure l’allocation de temps et non-interférence par d’autres processus



C'est quoi un processus ?

Chaque processus possède un **identifiant** numérique (*pid*). La liste des processus actuels du système peut être obtenue par `ps`, `pstree` ou `top`.

Activité séquentielle poursuivi par l'ordinateur ; un processus possède son code, ses données et certaines attributs de plus.

Ne pas confondre avec un *programme* : un même programme peut être instancié par plusieurs processus en même temps.

Exemples: le processus "init", quelques programmes de service (démons), ligne de commande, éditeur de texte, ...

Pourquoi des processus ?

Facilitation de la programmation : on peut écrire ses programmes dans un style séquentiel comme si c'était la seule tâche du système, le système se chargera de gérer les différentes activités en même temps.

Les processus sont isolés l'un de l'autre : il ne peuvent pas s'espionner, une faute dans un processus ne gêne pas l'opération des autres.

Les processus peuvent interagir entre eux par des interfaces bien définies.

Exécution d'une commande dans le shell (grosso modo)

Lançons une commande simple dans le shell, p.ex. `echo bonjour`.

Qu'est-ce qui se passe ?

Le shell cherche un programme du nom `echo`, en utilisant la variable **PATH**.

Si un tel programme est trouvé, un nouveau processus est créé qui exécute le programme avec les paramètres données. Ces paramètres correspondent aux arguments de `main` dans C: `int main (int argc, char **argv)`

Le shell attend la fin du processus avant de continuer.

Hierarchie et création de processus

En POSIX, le seul moyen pour créer un processus est avec `fork`. (`fork.c`)

`fork` crée une copie du processus qui fait l'appel.

“Père” = processus original, “fils” = copie

La fonction renvoie l'identifiant du fils au père et 0 au fils. (-1 en cas d'échec)

Le fils peut obtenir l'identifiant de son père par `getppid` et son propre identifiant par `getpid`.

Du coup, les processus sont organisés dans une arborescence que l'on peut voir avec `ps tree`.

fork et mémoire

Après l'appel `fork` nous avons deux processus identiques sauf deux aspects :

leur identifiant (pid) (et l'identifiant parent)

la valeur renvoyée par `fork`

Les mémoires des deux processus seront identiques au départ mais indépendantes ; ensuite, toute modification de mémoire n'affecte que le processus qui l'effectue.

Attributs d'un processus

Identifiant et identifiant du père

Contexte (compteur, registres)

Mémoire : code, données, pile

État (actif, en attente, bloqué, ...)

Environnement (des variables comme PATH etc)

etc, on en verra d'autres ...

Vie et mort d'un processus

Un processus se *termine* par l'appel `exit`.

(Dans C, si `main` fait un `return`, cela se traduit en un appel d'`exit`.)

Ce mécanisme permet au processus de renvoyer un **code de sortie**.

Le père peut appeler `wait` pour attendre la terminaison de l'un de ses fils.

(**wait.c**)

`wait` renvoie également le code de sortie du fils et certaines informations sur les circonstances de sa terminaison.

Exec

Il existe toute une famille de fonctions (`exec` etc) qui permettent de transformer un processus en remplaçant son code.

Exemple (on lance une commande dans le shell) : (`exec.c`)

1. L'utilisateur lance la commande.
2. Le shell fait appel à `fork`.
3. Le processus fils fait appel à `execvp` (p.ex.) pour devenir le programme souhaité par l'utilisateur.
4. Le shell attend la terminaison du fils, puis accepte d'autres commandes.

Combiner plusieurs commandes dans le shell

`cmd1 ; cmd2`: exécute d'abord `cmd1` puis `cmd2`

le shell crée un premier fils, attend sa terminaison, puis lance un deuxième fils et attend sa terminaison.

`cmd1 || cmd2`: exécuter `cmd1`, et si le code de sortie est non-zéro, exécuter `cmd2`

`cmd1 && cmd2`: exécuter `cmd1`, et si le code de sortie est zéro, exécuter `cmd2`

même principe, mais on regarde le code de sortie renvoyé par `wait` avant d'éventuellement lancer le deuxième fils.