Programmation Système

INSA CVL

–

Table des matières

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

9 Bibliographie

Sommaire

1 Plan du Cours
2 Introduction
3 Système d'exploitation
4 Principes des systèmes d'exploitation
5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX
6 Les Entrées-Sorties
7 Système de fichiers
8 Processus
9 Bibliographie

Objectif du cours

- Comprendre ce qu'est un Système d'Exploitation
- Comprendre comment fonctionne un Système d'Exploitation
- Etudier les bases de la programmation Système

Plan du Cours

- Introduction
  - Système d'exploitation
  - Historique UNIX
  - Mode d'exécution d'un processeur
  - Norme (Unix-¿POSIX-¿SUS)
- Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX
  - interagir avec le système d'exploitation
  - Appel système
  - Cycle d'exécution d'un programme
  - Accès à l'environnement
  - Gestion des erreurs
  - utilisation appels système
  - implantation de la bibliothèque au dessus des appels système

Plan du Cours

- Les entrées-sorties
  - Généralités
  - Manipulation des i-noeuds
  - Primitives de base
  - Descripteurs
- Système de fichiers
  - Exemple : ext2, FAT32
- Processus
  - création, terminaison, interruptions, ordonnancement
  - Gestion des processus
  - Attributs des processus
  - Vie des processus

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction
- Système d'exploitation
- Historique des systèmes informatiques

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

9 Bibliographie

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction
- Système d'exploitation
- Historique des systèmes informatiques

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

9 Bibliographie

Qu'est-ce qu'un système d'exploitation ?

- Qu'est-ce qu'un système d'exploitation ?

def1 Programme qui agit comme un intermédiaire entre l'utilisateur d'un ordinateur et le matériel ; il fournit un environnement dans lequel l'utilisateur peut exécuter des programmes de manière *pratique et efficace*.

def2 Le **système d'exploitation**, abrégé SE (en anglais *operating system*, abrégé OS), est l'ensemble de programmes central d'un appareil informatique qui sert d'interface entre le matériel et les logiciels applicatifs.

Qu'est-ce qu'un système d'exploitation ?

- Qu'est-ce qu'un système d'exploitation ?

def1 Programme qui agit comme un intermédiaire entre l'utilisateur d'un ordinateur et le matériel ; il fournit un environnement dans lequel l'utilisateur peut exécuter des programmes de manière *pratique et efficace*.

def2 Le **système d'exploitation**, abrégé SE (en anglais *operating system*, abrégé OS), est l'ensemble de programmes central d'un appareil informatique qui sert d'interface entre le matériel et les logiciels applicatifs.

Qu'est-ce qu'un système d'exploitation ?

- Un système d'exploitation :
  - Couche logicielle intercalée entre l'ordinateur et ses utilisateurs, lancée au démarrage ;
  - Intermédiaire entre les logiciels applicatifs et le matériel ;
  - Facilite l'exploitation des périphériques matériels dont il coordonne et optimise l'utilisation ;
  - Met à disposition des logiciels applicatifs une interface de programmation standardisée d'utilisation des matériels ;

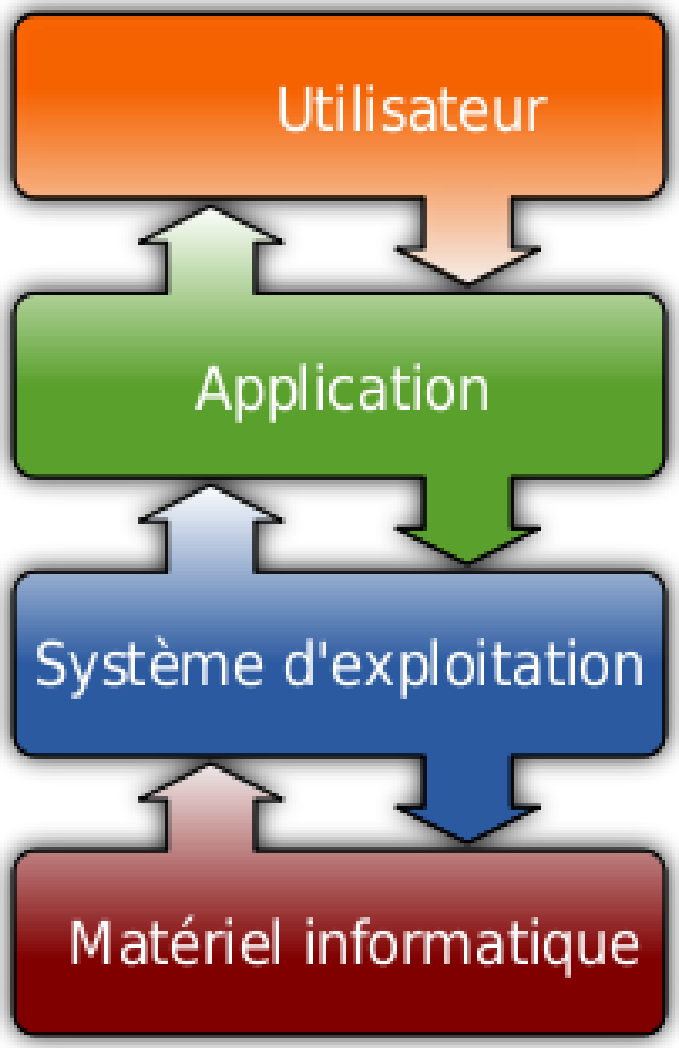
Qu'est-ce qu'un système d'exploitation ?

- Ordinateur = ensemble de ressources physiques
  - Processeur/Unité Centrale (CPU)
  - Mémoire principale
  - Mémoires secondaires
  - Périphériques d'E/S
  - Périphériques internes (horloge,...)
- Son utilisation génère des ressources logiques
  - Processus
  - Fichiers
  - Bibliothèques Â« Système Â» partagées
  - Sessions utilisateurs

Qu'est-ce qu'un système d'exploitation ?

- Un système d'exploitation :
  - Alloue les ressources aux utilisateurs
  - Controle leur bonne utilisation
  - Problèmes : efficacité, fiabilité, sécurité, équité, etc.

Place du système d'exploitation



Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction
- Système d'exploitation
- Historique des systèmes informatiques

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

9 Bibliographie

Historique des systèmes informatiques

- 1936-55 : Les premiers ordinateurs
- 1955-65 : Traitement par lots
- 1965 : Tamponnement des entrées/sorties
- 1965-70 : Multiprogrammation
- 1970 : Temps partagé

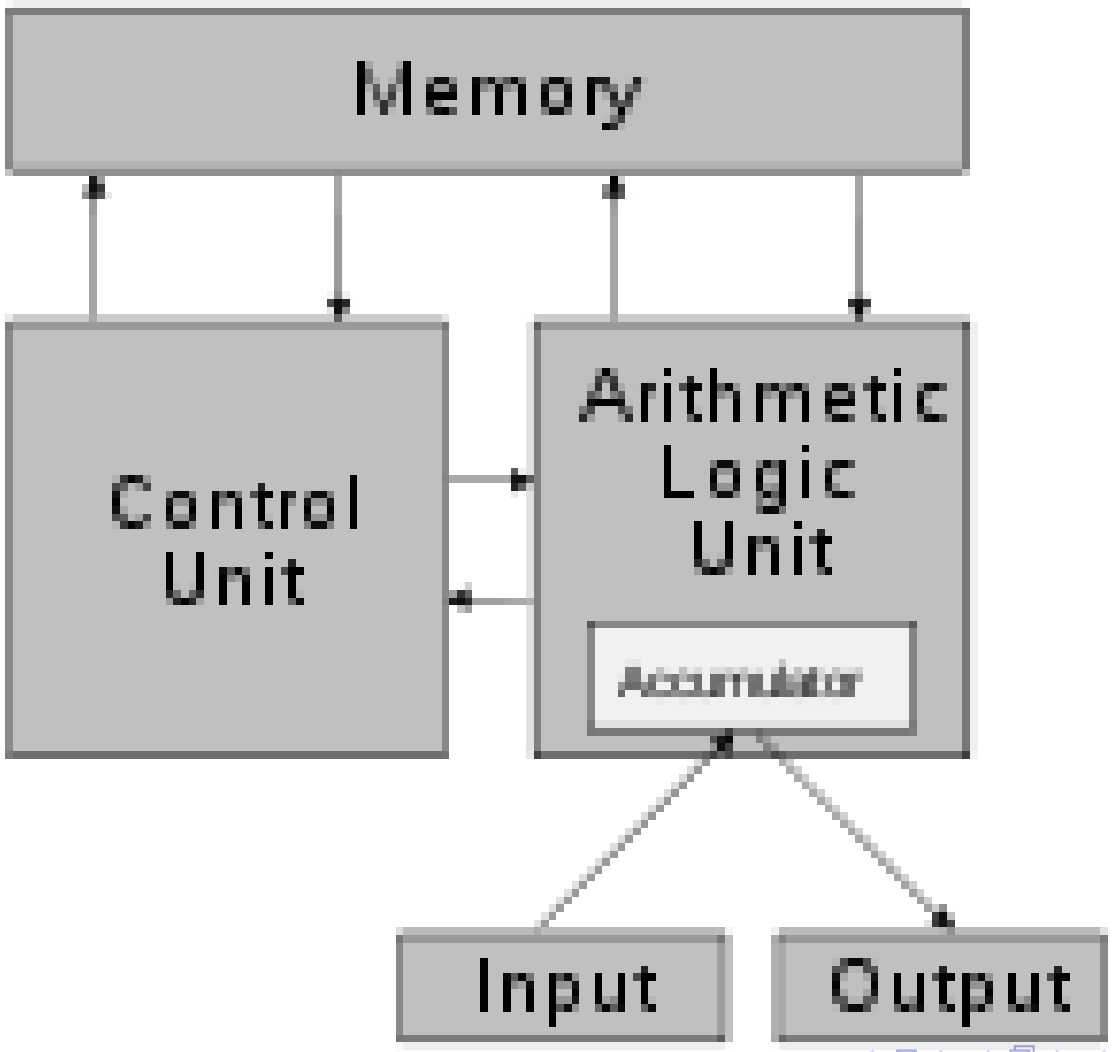
John Von Neumann

- 1946 : John Von Neumann (1903-1957) et le principe du premier ordinateur
  - Possibilité de mémorisation des résultats partiels étendue à l'enregistrement des programmes et des données
  - Exécution séquentielle des instructions enregistrées avec possibilité de branchement conditionnel

John Von Neumann

- De fait, un ordinateur doit disposer des fonctions suivantes :
  1. Moyen d'entrée (échange et recensement des informations)
  2. Moyen de mémorisation des informations
  3. Moyen de calcul (traitement de l'information)
  4. Moyen de sortie (résultats)
  5. Moyen de décision
  6. Gestion des données et des instructions (stockées dans le moyen de mémorisation sous la même forme)
- Babbage avait déjà introduit les idées 1 à 5.
- Von Neumann introduit, lui, le point 6.

Architecture de Von Neumann



Première Génération (1936 - 1955)

Ordinateur :

- Machine programmable
- Traite des informations *numériques* ou *discrètes* ($\neq$ *analogiques* ou *continues*)

- Apparition des premiers ordinateurs :
  - à relais et à tubes vides
  - programmés par tableaux de connecteurs, puis par cartes perforées (1950)
  - mono-utilisateur et mono-tÃ¢ches
  - apparition du termes **BUG**

Première Génération (1936 - 1955)

Ordinateur :

- Machine programmable
- Traite des informations *numériques* ou *discrètes* ($\neq$ *analogiques* ou *continues*)

- Apparition des premiers ordinateurs :
  - à relais et à tubes vides
  - programmés par tableaux de connecteurs, puis par cartes perforées (1950)
  - mono-utilisateur et mono-tÃ¢ches
  - apparition du termes **BUG**

Première Génération (1936 - 1955)

- 1947 : invention du transistor (laboratoires Bell)
  =¿ invention de la mémoire

- 1950 : premier ordinateur digne de ce nom, UNIVAC 1
  - Chacun est unique
  - Sans interface
  - Les utilisateurs sont multi-fonctions : fabrication, programmation, maintenance et utilisation
  - Machines sans mémoire
  - Un seul programme à la fois

Première Génération (1936 - 1955)

- 1947 : invention du transistor (laboratoires Bell)
  =¿ invention de la mémoire

- 1950 : premier ordinateur digne de ce nom, UNIVAC 1
  - Chacun est unique
  - Sans interface
  - Les utilisateurs sont multi-fonctions : fabrication, programmation, maintenance et utilisation
  - Machines sans mémoire
  - Un seul programme à la fois

Première Génération (1936 - 1955)

- Séance-type de programmation :
  - Ecriture sur cartes (programmeur)
  - Chargement des cartes compilateur (opérateur)
  - Chargement des cartes du programme
  - Création du code intermédiaire (assemblage)
  - Chargement des cartes de l'assembleur
  - Création du code en langage machine
  - Exécution du programme

Problèmes :

- Exécution des instructions d'un programme sans intervention extérieure possible
- Temps d'inactivité importants : matériel sous-employé

Première Génération (1936 - 1955)

- Séance-type de programmation :
  - Ecriture sur cartes (programmeur)
  - Chargement des cartes compilateur (opérateur)
  - Chargement des cartes du programme
  - Création du code intermédiaire (assemblage)
  - Chargement des cartes de l'assembleur
  - Création du code en langage machine
  - Exécution du programme

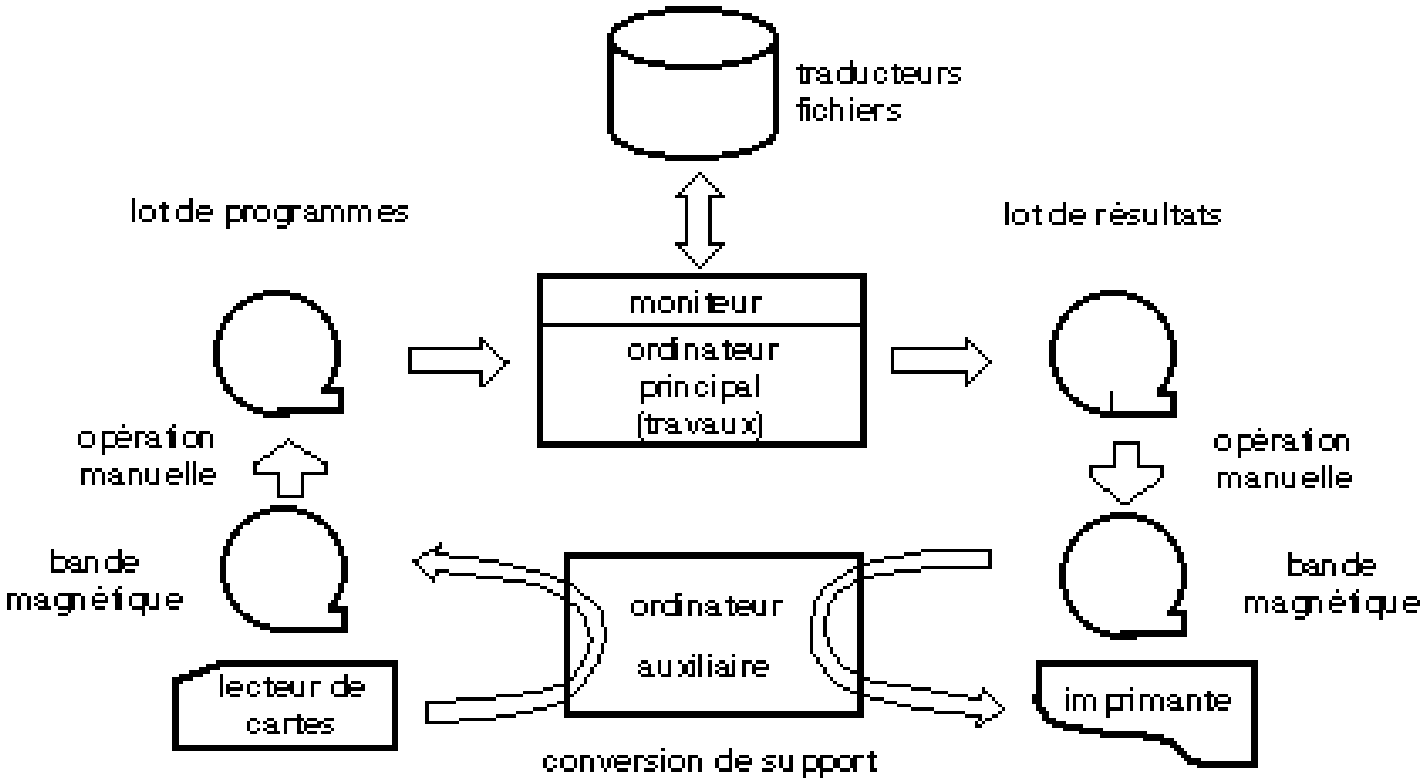
Problèmes :

- Exécution des instructions d'un programme sans intervention extérieure possible
- Temps d'inactivité importants : matériel sous-employé

Deuxième Génération (1955 - 1965)

- Traitement par lots :
  - Emergence des supports magnétiques
    - conservation de programmes binaires importants sur ce support
  - Améliorations :
    - Regroupement et exécution par groupe des travaux similaires (batch processing)
    - Moniteur résident : enchaine automatiquement les travaux

Deuxième Génération (1955 - 1965)



Deuxième Génération (1955 - 1965)

- Conséquences :
  - L'utilisateur n'accède plus directement à la machine
  - Enchainement automatique des programmes
  - Débit des travaux amélioré
  - Temps de réponse augmenté

Problèmes :

- Différence de vitesse entre les E/S et l'UC
- De fait, temps d'inactivité entre les E/S

Deuxième Génération (1955 - 1965)

- Conséquences :
  - L'utilisateur n'accède plus directement à la machine
  - Enchainement automatique des programmes
  - Débit des travaux amélioré
  - Temps de réponse augmenté

Problèmes :

- Différence de vitesse entre les E/S et l'UC
- De fait, temps d'inactivité entre les E/S

Troisième Génération (1965 - 1980)

- Apparition des circuits intégrés
- 1965 : Tamponnement des E/S
  - Idée : rendre les opérations d'E/S autonomes
  - Utilisation de tampons (Â≪ buffers Â≫)
  - Stocker les données lues non encore nécessaires
  - Stocker les requêtes de sorties quand le périphérique n'est pas disponible
  - Introduction du mécanisme d'interruption

Avantages :

- Diminution coÃ≫t/performance
- Plus d'ordinateurs annexes/manipulation de bandes

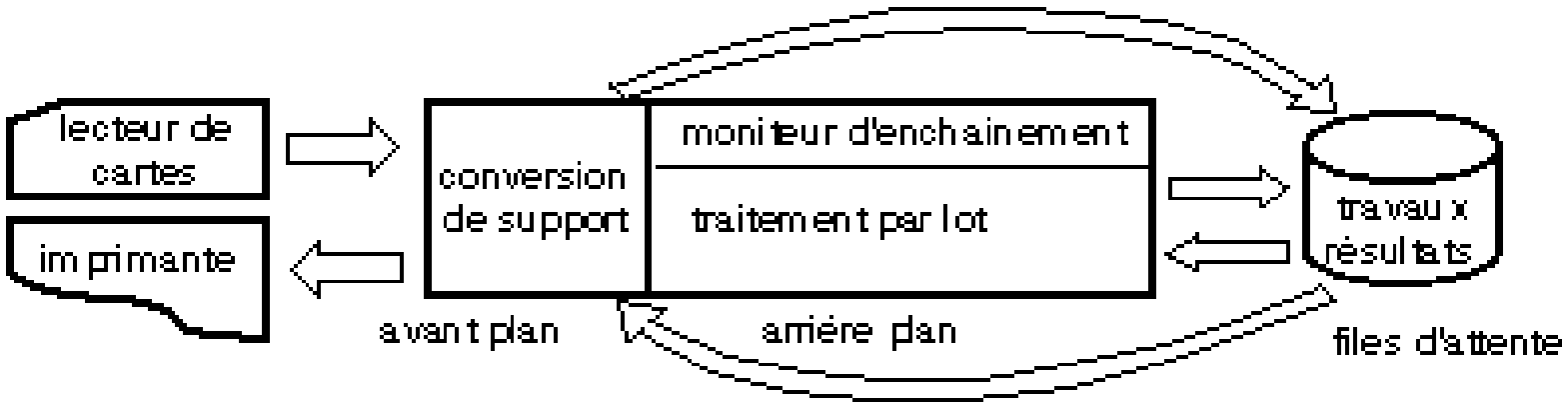
Troisième Génération (1965 - 1980)

- Apparition des circuits intégrés
- 1965 : Tamponnement des E/S
  - Idée : rendre les opérations d'E/S autonomes
  - Utilisation de tampons (Â≪ buffers Â≫)
  - Stocker les données lues non encore nécessaires
  - Stocker les requêtes de sorties quand le périphérique n'est pas disponible
  - Introduction du mécanisme d'interruption

Avantages :

- Diminution coÃ≫t/performance
- Plus d'ordinateurs annexes/manipulation de bandes

Troisième Génération (1965 - 1980)



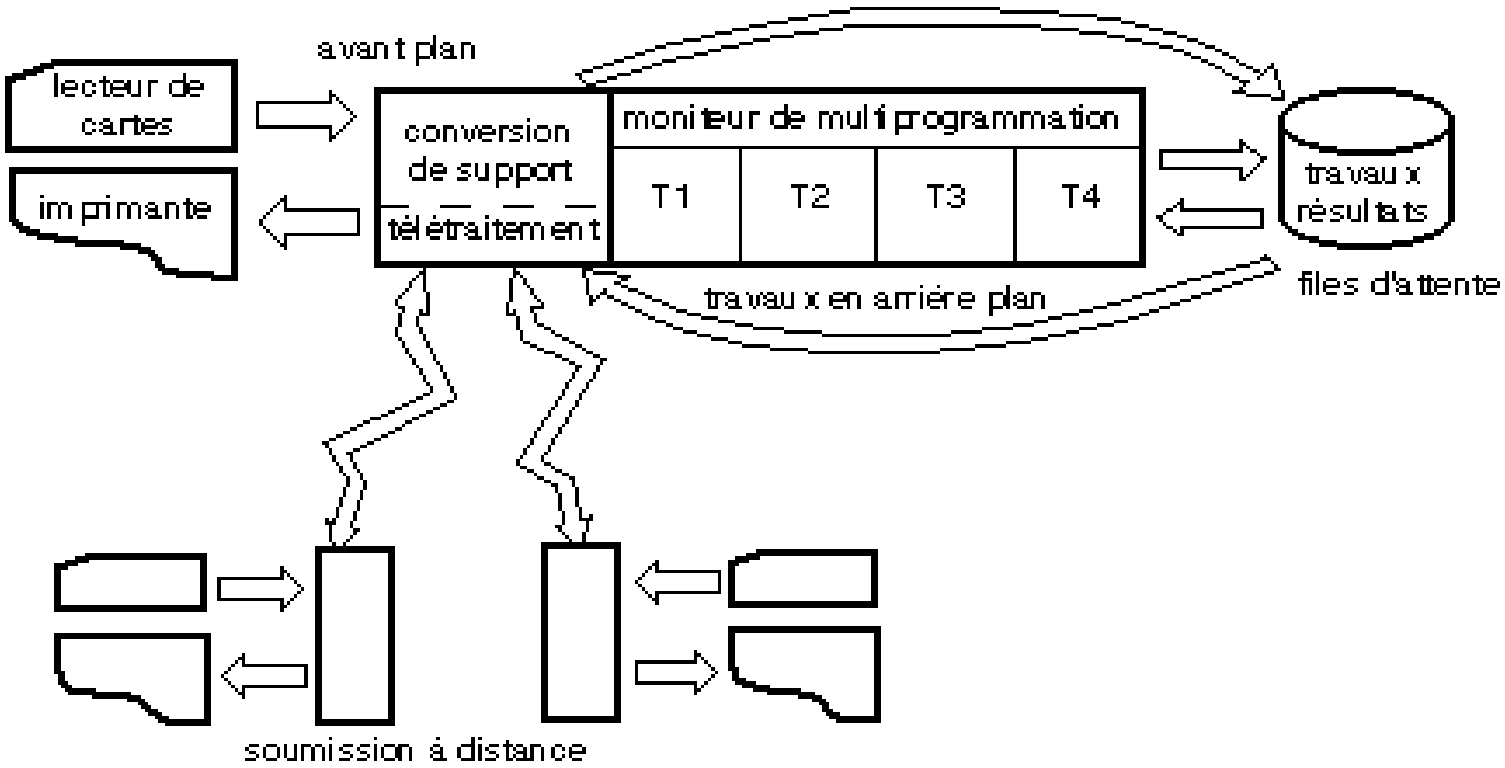
Troisième Génération (1965 - 1980)

- 1965-70 : La multiprogrammation :
  - Augmentation de la taille de la mémoire principale –¿ multiprogrammation
    - Charger plusieurs travaux en mémoire simultane ?ment
    - Faire un autre travail au lieu d'attendre
  - Amélioration : exécution parallèle d'un ensemble de programmes
  - Les E/S sont effectuées de faÃ§on asynchrone avec des calculs sur l'UC
- *Simultaneous Peripheral Operation On-Line* (SPOOL)
  - Disques magnétiques plus rapides
  - Utilisés comme un gros tampon pour plusieurs travaux en même temps

Troisième Génération (1965 - 1980)

- 1965-70 : La multiprogrammation :
  - Augmentation de la taille de la mémoire principale –¿ multiprogrammation
    - Charger plusieurs travaux en mémoire simultane ?ment
    - Faire un autre travail au lieu d'attendre
  - Amélioration : exécution parallèle d'un ensemble de programmes
  - Les E/S sont effectuées de faÃ§on asynchrone avec des calculs sur l'UC
- *Simultaneous Peripheral Operation On-Line* (SPOOL)
  - Disques magnétiques plus rapides
  - Utilisés comme un gros tampon pour plusieurs travaux en même temps

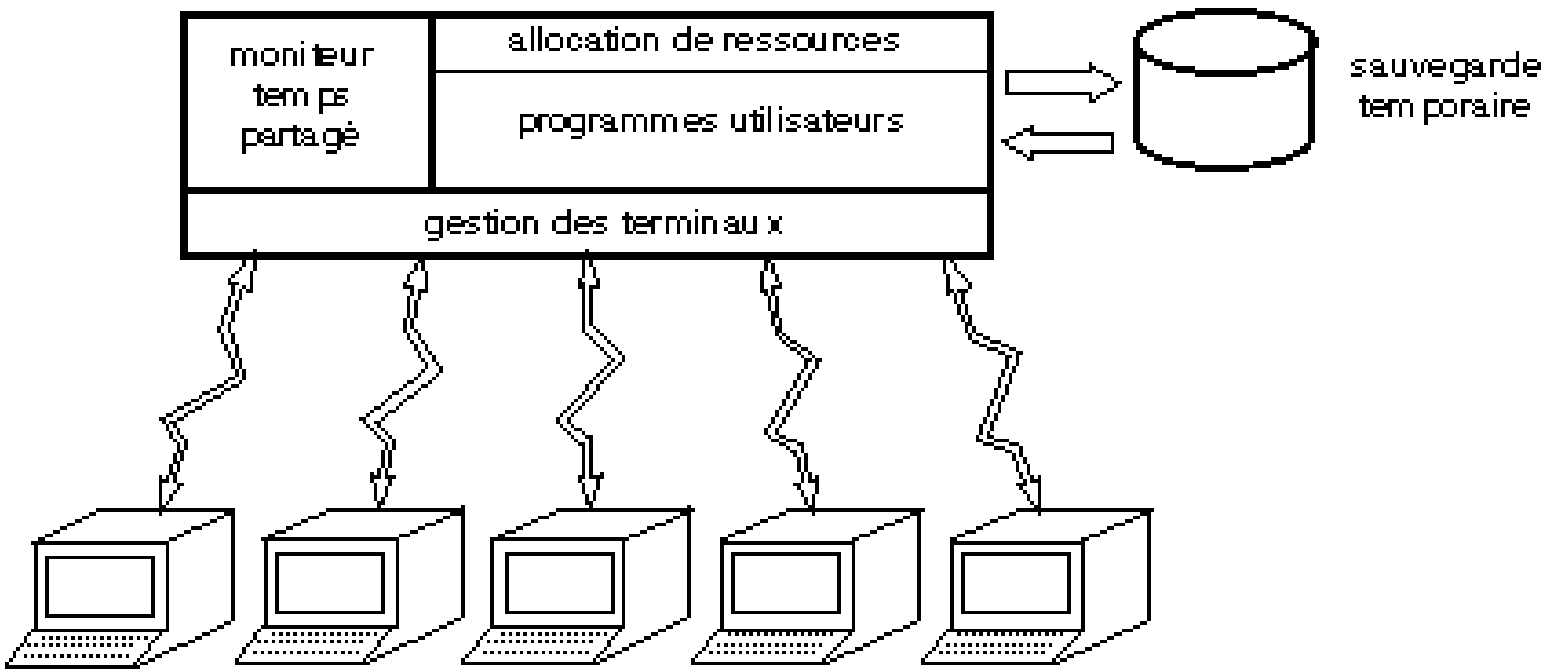
Troisième Génération (1965 - 1980)



Troisième Génération (1965 - 1980)

- 1970 : le temps partagé :
  - Améliorations :
    - Partage du temps en quanta via une horloge temps réel
    - Affectation du processeur à un programme durant un quantum
    - Prise en compte rapide des nouveaux programmes

Troisième Génération (1965 - 1980)



Quatrième Génération (1980 -)

- Avènement de l'ordinateur individuel
- Développement des micro-ordinateurs
  - 1981 : IBM lance le PC
  - Poste de travail conÃ§u de faÃ§on autonome, pour une utilisation par une seule personne
  - Fin des années 80 : X-Window
  - Année 90 : essor d'Internet
  - Réseaux et systèmes répartis

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation
- Types de système d'exploitation
- Evolution des systèmes d'exploitation
- Architecture des systèmes informatiques

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

9 Bibliographie

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation
- Types de système d'exploitation
- Evolution des systèmes d'exploitation
- Architecture des systèmes informatiques

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

9 Bibliographie

Types de système d'exploitation

- Il n'existe pas de système d'exploitation efficace dans tous les contextes d'utilisation.
- On définit donc différentes catégories/familles de systèmes :
  - Mono-utilisateur
  - Controle de processus
  - Serveurs de fichiers
  - Transactionnel
  - Général

Mono-utilisateur

- Accepte un seul utilisateur à un moment donnée
- Construit autour d'une machine virtuelle simple
- Facilite l'utilisation des différents périphériques
- Peut être multi-tÃ¢ches
- Pas de notion d'usager ou de protection

Controle de processus

- Utilisé principalement dans le milieu industriel
- Controle de machines-outils ou systèmes complexes
- Permet de réagir en un temps garanti à des événements issues de capteurs
- Fortement orienté temps réel
- Doit être fiable et tolérant aux pannes

Serveurs de fichiers

- Controle de gros ensembles d'information
- Interrogeable à distance
- Temps de réponse court, mise à jour à la volée
- L'utilisateur ignore la structuration interne du système de fichiers

Transactionnel

- Controle de grosse base de données modifiées fréquemment
- Doit garantir un temps de réponse court
- Doit garantir la cohérence constante de la base de donnée
- Doit permettre la résolution des conflits

=¿ Définition de transactions atomiques et de points de reprise

Général

- Accueille simultanément plusieurs utilisateurs effectuant des tÃ¢ches différentes
- Multi-Utilisateur
- Multi-TÃ¢ches
- Entrées/Sorties variés
- Logiciels de différents types
- Peut disposer de capacités interactives
- Peut disposer de traitement par lots

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation
- Types de système d'exploitation
- Evolution des systèmes d'exploitation
- Architecture des systèmes informatiques

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

9 Bibliographie

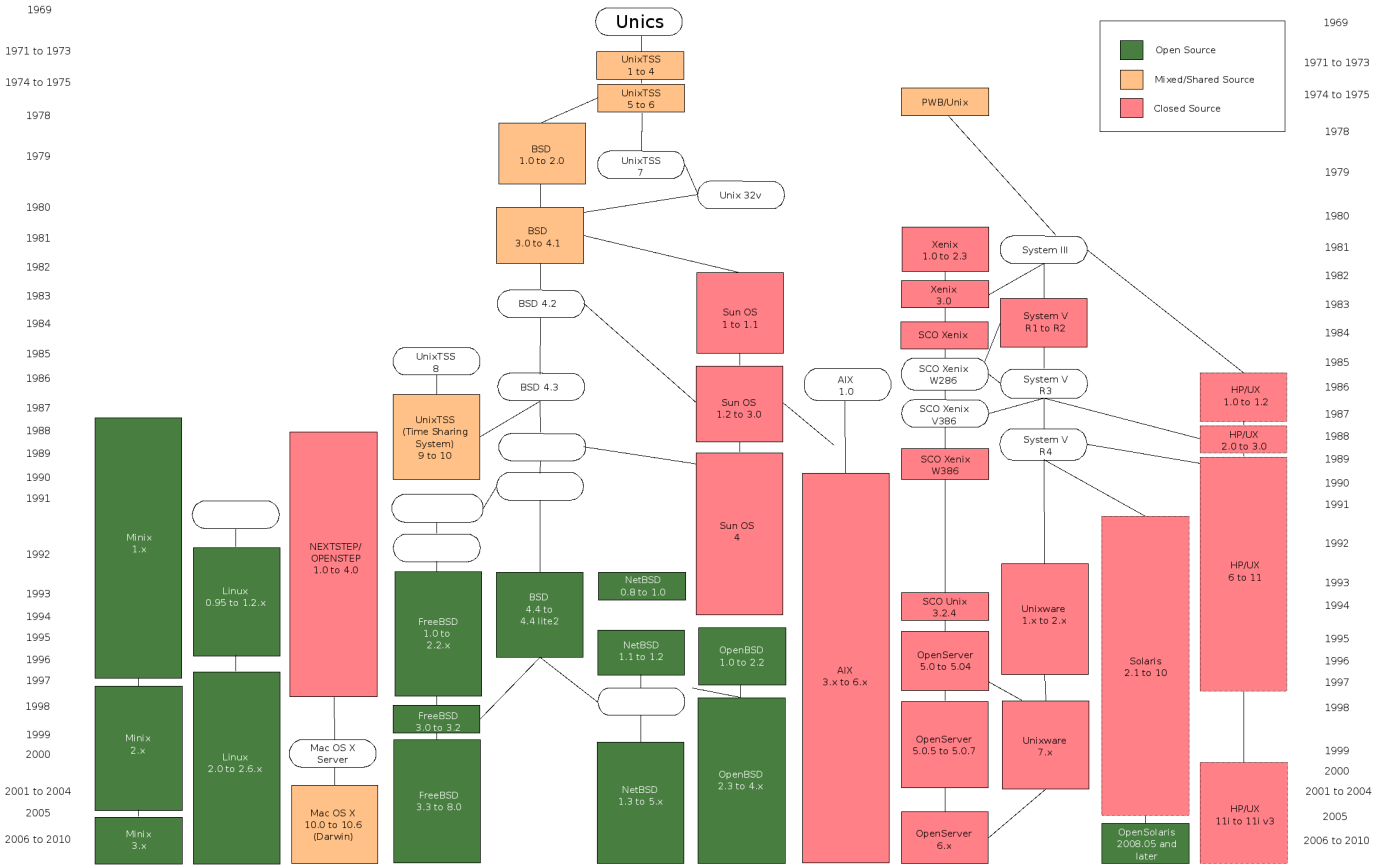
Unix

- Système d'exploitation crée en 1969 sous l'impulsion de Kenneth Thompson et Dennis Ritchie
- Au coeur du développement informatique des trente dernières années.
- Multi-utilisateurs
- Multi-tÃ¢ches
- Temps partagé

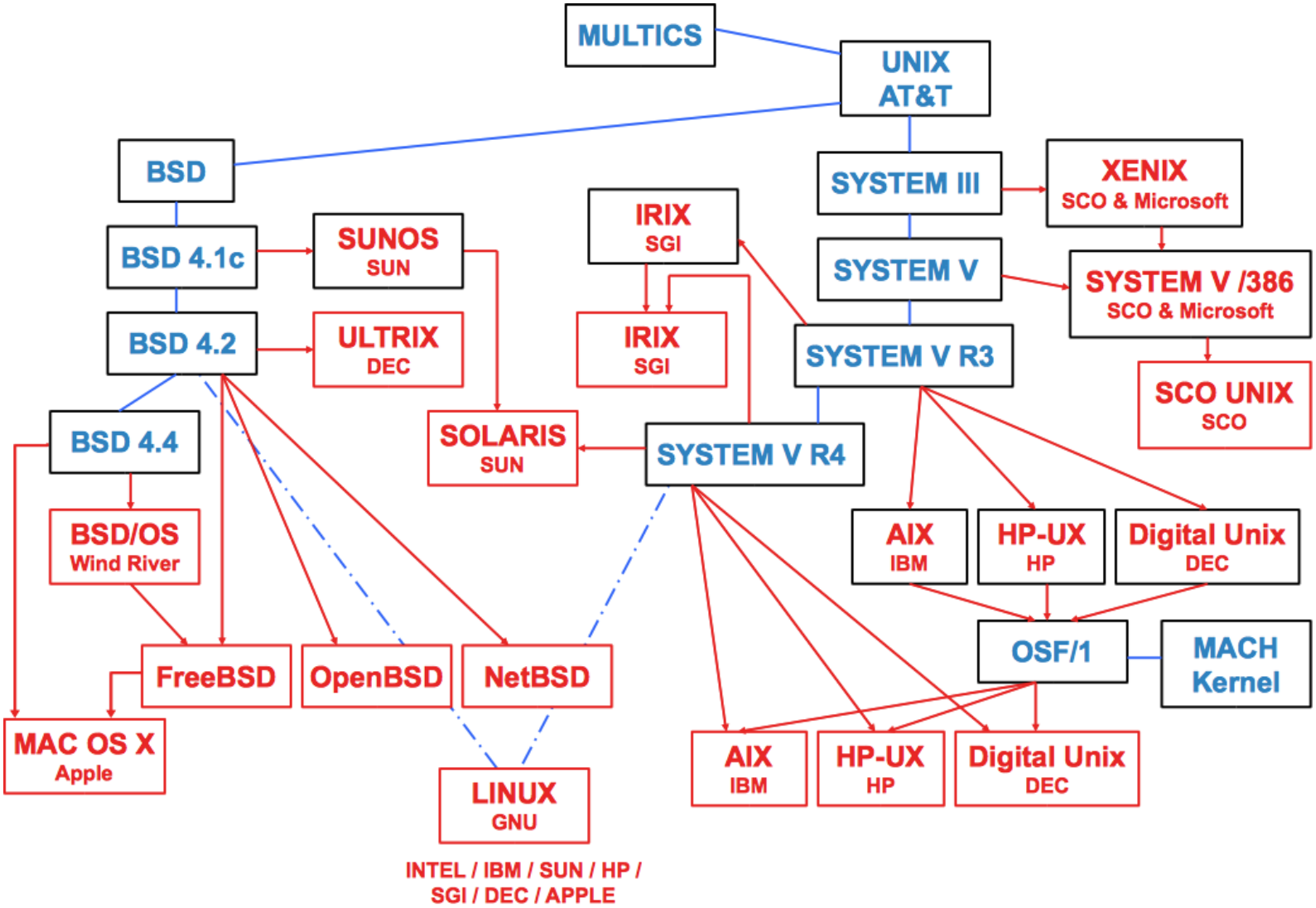
Linux

- Basé sur Unix
- 1984 : lancement du projet GNU par Richard M. Stallman
- 1991 : Linus Torvalds propose la première version d'un noyau baptisé Linux
- 1992 : système d'exploitation GNU/Linux
- Disponible sous la forme de multiples distributions

Evolution d'Unix



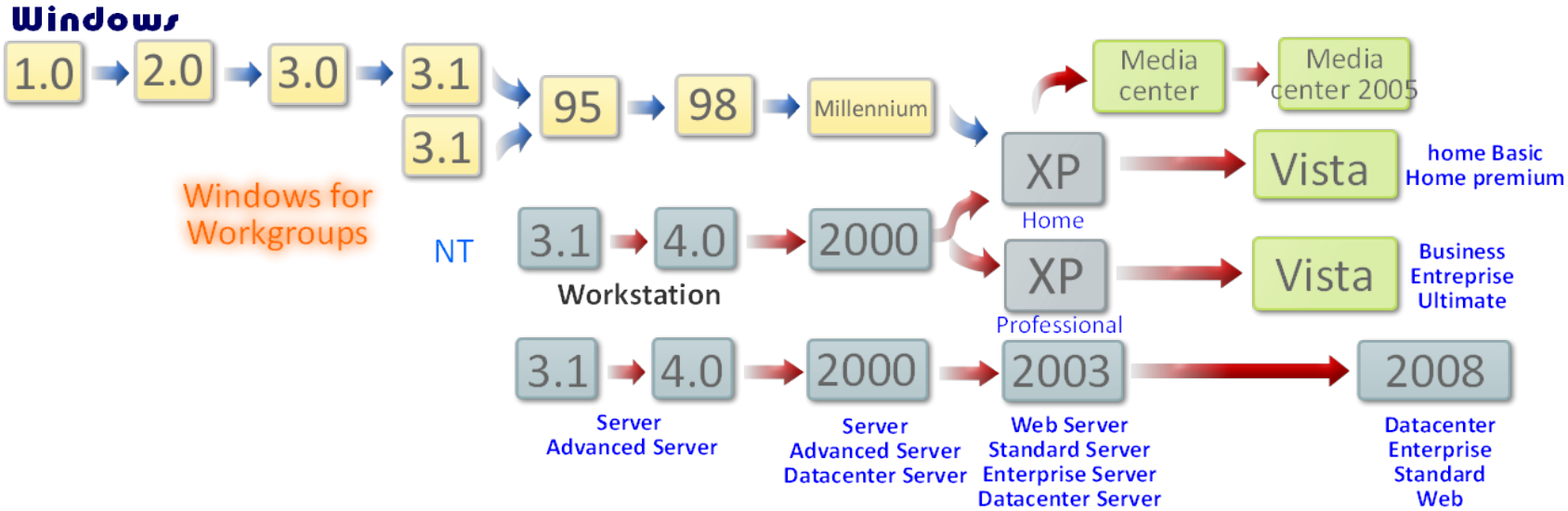
Evolution d'Unix



MS-DOS

- Lancé en 1981, en même temps que le PC d'IBM
- Mono-utilisateur
- Mono-tÃ¢che
- Couche graphique : Windows... jusqu'à Windows 2000
- Désormais, l'invite de commande est un émulateur intégré.

Evolution de Microsoft Windows



Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation
- Types de système d'exploitation
- Evolution des systèmes d'exploitation
- Architecture des systèmes informatiques

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

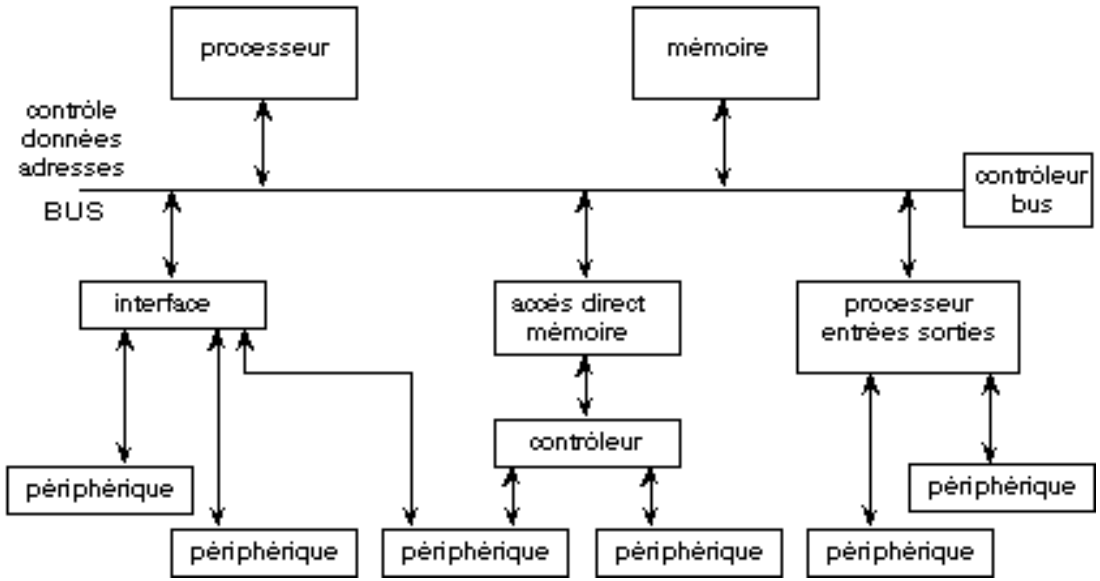
7 Système de fichiers

8 Processus

9 Bibliographie

Architecture Générale

- Ordinateur :
  - Processeur (traitements)
  - Mémoire principale (rangement des données/résultats)
  - Périphériques (échange d'informations avec l'extérieur)
  - Bus (liaison entre les constituants)



Structures internes des systèmes d'exploitation généraux

- Types de systèmes :
  - Systèmes monolithiques
  - Systèmes en couche
  - Machines virtuelles
  - Systèmes client-serveur

Systèmes monolithiques

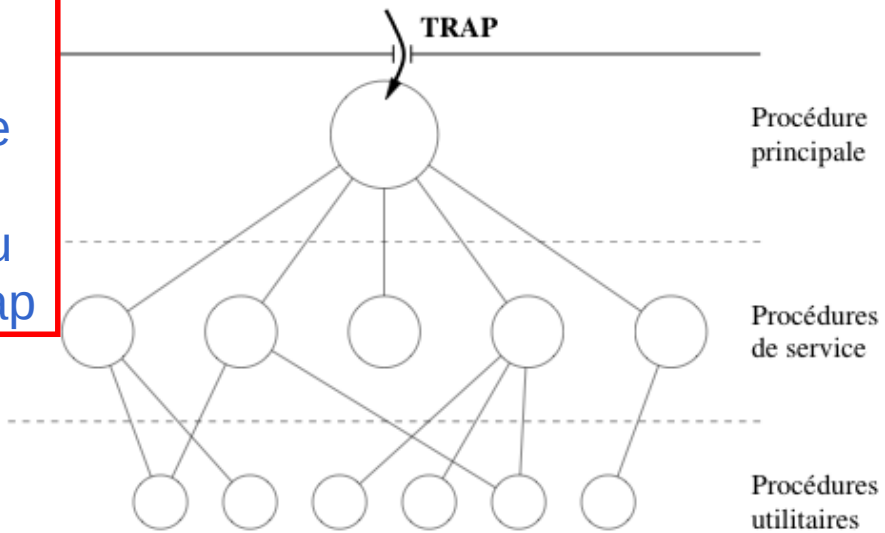
- Organisation la plus répandue
- Caractérisé par l'absence de structure interne
- Le système est une collection de procédure, chacune visible de tous les autres, et pouvant appeler toute autre procédure qui lui est utile
- La seule barrière est la protection entre le monde utilisateur et le monde noyau

Systèmes monolithiques

- Structures internes sur 3 niveaux :
  - Procédure principale exécuté lors de chaque appel système (notion de trap)
  - Les procédures de service sont dédiées au traitement de chaque appel système
  - Les procédures utilitaires assistent les procédures de service

=¿ Structure d'aucune protection contre les erreurs

Dans le trap il y a une instruction c'est le processeur qui releve le noyau. par ex: quand vous changer l'heure du systeme ca lance un trap



Système informatique en couche

- Structuration du système en plusieurs couches dont chacune s'appuie sur le niveau inférieure
- Exemple : système THE de 1966
  1. allocation du processeur, commutation suite aux interruptions
  2. gestion de la mémoire
  3. communication entre les processus et la console de l'administrateur
  4. gestions des entrées/sorties, utilisation de tampons
  5. programmes des utilisateurs
  6. processus de l'opérateur système

=¿ Problème : gestion des entrées/sorties (proche du matériel) se retrouve au dessus de la couche communication avec l'utilisateur

Système informatique en couche

- Structuration du système en plusieurs couches dont chacune s'appuie sur le niveau inférieure
- Exemple : système THE de 1966
  1. allocation du processeur, commutation suite aux interruptions
  2. gestion de la mémoire
  3. communication entre les processus et la console de l'administrateur
  4. gestions des entrées/sorties, utilisation de tampons
  5. programmes des utilisateurs
  6. processus de l'opérateur système

=¿ Problème : gestion des entrées/sorties (proche du matériel) se retrouve au dessus de la couche communication avec l'utilisateur

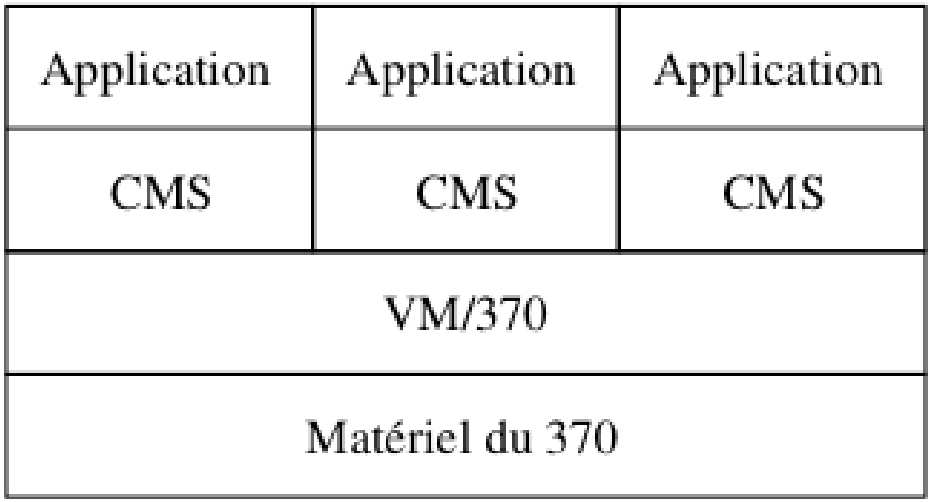
Système informatique en couche

- Structuration du système en plusieurs couches dont chacune s'appuie sur le niveau inférieure
- Exemple : système THE de 1966
  1. allocation du processeur, commutation suite aux interruptions
  2. gestion de la mémoire
  3. communication entre les processus et la console de l'administrateur
  4. gestions des entrées/sorties, utilisation de tampons
  5. programmes des utilisateurs
  6. processus de l'opérateur système

=¿ Problème : gestion des entrées/sorties (proche du matériel) se retrouve au dessus de la couche communication avec l'utilisateur

Machines Virtuelles

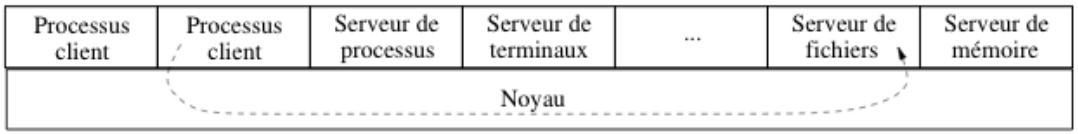
- Un système à temps partagé offre, à la fois,
  - la possibilité de partager le processeur,
  - et une machine virtuelle dotée d'une interface plus pratique que la programmation directe du matériel
- Fonctionnement :
  - Un moniteur de machine virtuelle s'exécute juste au dessus du matériel
  - Chaque machine virtuelle fait tourner un SE

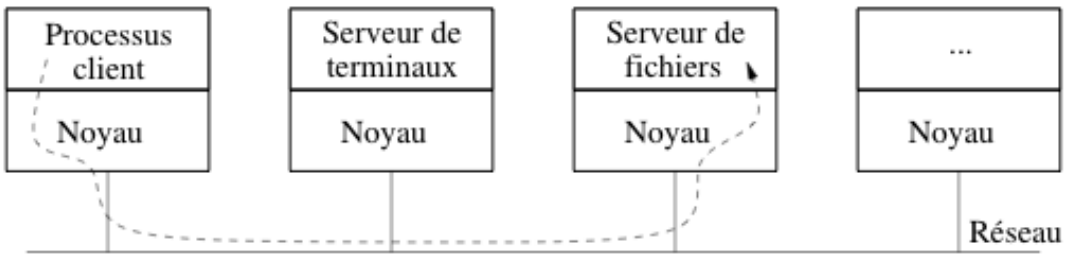


Systèmes client-serveur

- Basé sur une approche horizontale
- SE vu comme un système distribuée
  - Notion de micro-noyau
  - Noyau GNU HURD

=¿ Problèmes de latences





Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation
- Notions de base
- Normes

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

9 Bibliographie

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation
- Notions de base
- Normes

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

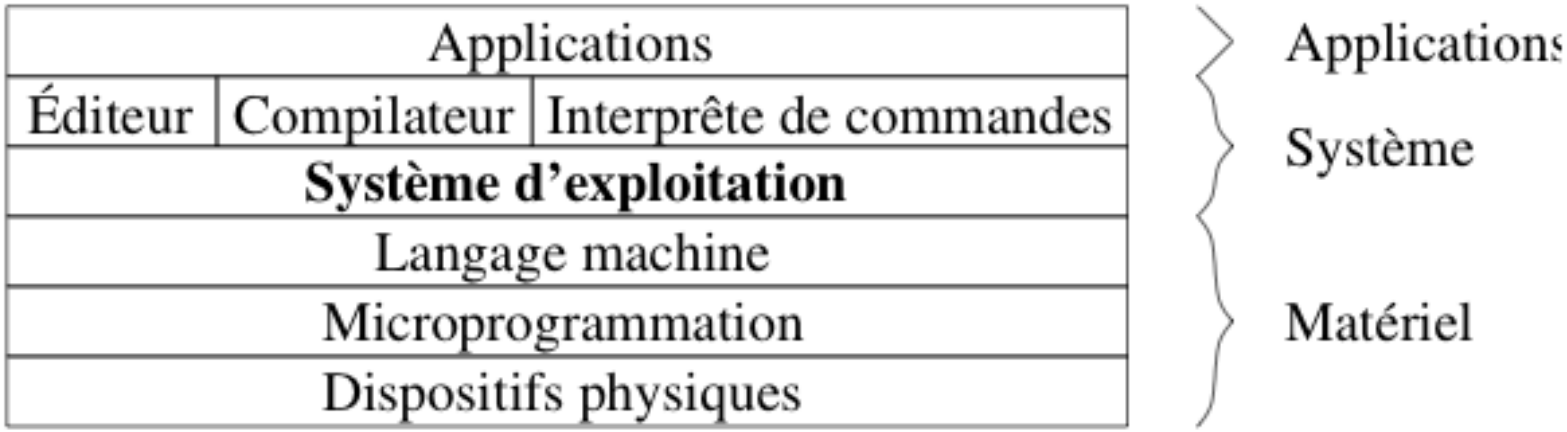
8 Processus

9 Bibliographie

Rappel : Modes d'exécution d'un processeur

- Différencier les modes d'exécution
  - Mode Utilisateur
  - Mode Superviseur (ou mode moniteur/ système/ privilégié)
- Fonctionnement :
  - A l'initialisation du système, le matériel démarre en mode superviseur.
  - L'OS est chargé et démarre des processus utilisateur en mode utilisateur.
  - Lors d'un déroutement/interruption, la matériel passe en mode superviseur.
  - Le système revient toujours en mode utilisateur avant de passer le controle à un programme utilisateur.

Place du système d'exploitation dans l'ordinateur

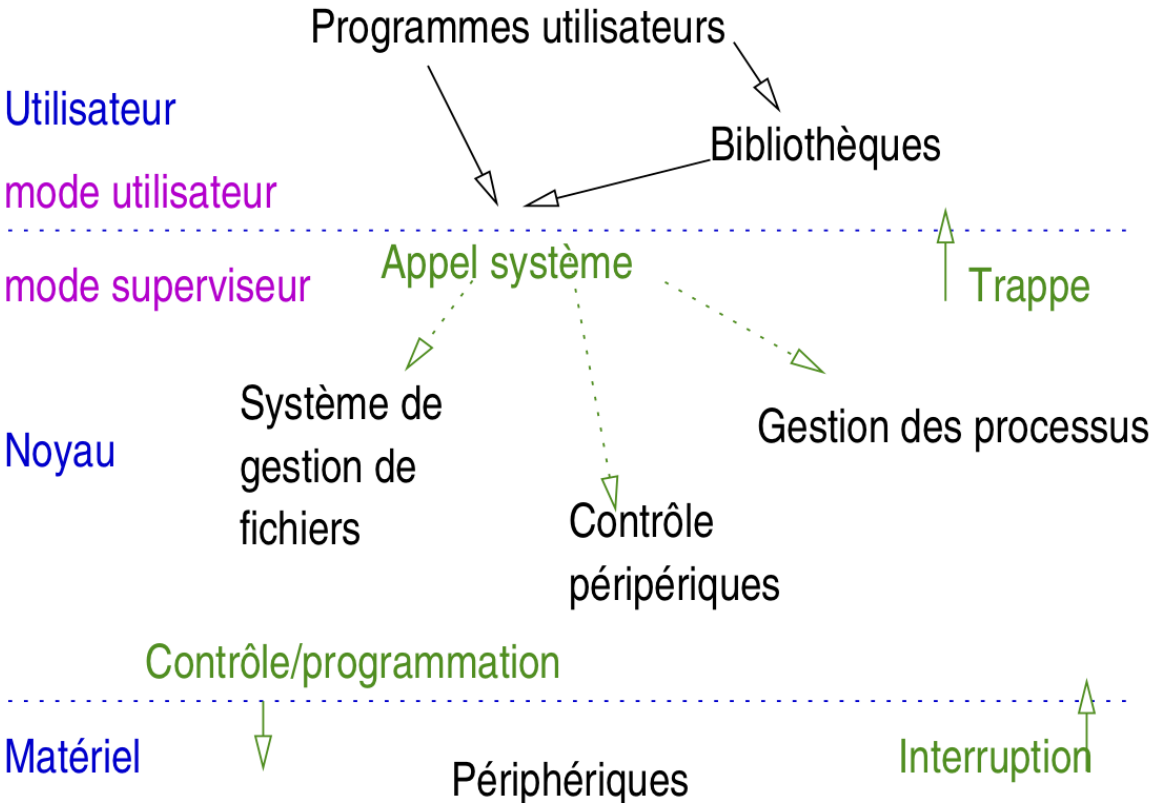


Mode d'exécution

interruption logicielle (ou appel systeme)
interruption materielle (prioritaire)
un trap (instr. assembleur) appellent le noyau

- Utilisateur
- Superviseur

- Passage mode superviseur : appels système, trappes, IT



Interruptions

les appels peuvent etre lances a partir d'un programme utilisateur. Il y a un millier d'appel systeme actuellement

- Fonctions généralement communes aux mécanismes d'interruption :
  - Appel de la routine de traitement via une table de pointeurs
  - Sauvegarde de l'adresse de l'instruction interrompue
  - Après traitement de l'interruption, chargement de l'adresse de retour dans le compteur ordinal

- Les systèmes d'exploitation modernes sont dirigés par les interruptions.

Structure en couche d'un Unix

- Niveau utilisateur
  - applications utilisateurs
  - logiciel de base
  - bibliothèques système
  - appels de fonctions
- Niveau Noyau
  - gestion des processus
  - système de fichiers
  - gestion de la mémoire
- Niveau matériel
- Système d'exploitation
  - bibliothèques système
  - noyau

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation
- Notions de base
- Normes

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

9 Bibliographie

Normalisation de l'interface

L'objectif d'une norme c'est de permettre a un programme d'operer sur n'importe quel systeme. Ce sont des guidelines pour les programmeurs

- Unix
  - système d'exploitation Ken THOMPSON et Dennis RITCHIE, Bell Labs, 1969
  - distribution du code source
  - multiples versions (branches BSD, System III...)

devient

- POSIX
  - Portable Open System Interface
  - eXchange Portable Open System Interface X for Unix
  - standard IEEE, 1985
  - interface standardisée des services fournis par le système

Si vous voulez respecter les normes POSIX en gros il faut code en C

ensuite

- Single Unix Specification, SUS
  - X/Open reprend les activités de normalisation POSIX, 1999
  - The Open Group (ex X/Open) propose Single Unix Specification version 3, 2001
  - www.unix.org/version3/

Dans certains secteurs on peut vous imposer une norme (l'aviation, le ferroviaire)

Normalisation de l'interface

Norme	Symbole	Valeur
POSIX.1-1988	_POSIX_SOURCE	
POSIX.1-1990 (1003.1)	_POSIX_C_SOURCE	1
POSIX.1b-1993	_POSIX_C_SOURCE	199309L
POSIX.1c-1996	_POSIX_C_SOURCE	199506L
POSIX.1-2001	_POSIX_C_SOURCE	200112L
XPG3	_XOPEN_SOURCE	1
XPG4	_XOPEN_SOURCE	4
XPG4	_XOPEN_VERSION	4
SUS	_XOPEN_SOURCE	1
SUS	_XOPEN_SOURCE_EXTENDED	4
SUSv2	_XOPEN_SOURCE	500

Pour compiler de manière conforme à POSIX.1 :

```
gcc –D_POSIX_C_SOURCE=1 –c source.c
```

Fourniture de l'interface POSIX

- Norme POSIX = interface d'utilisation du système
  - description des fonctions d'appel des services système fournis par le noyau
  - portabilité des applications
  - ne définit pas la construction du système d'exploitation, noyau
- POSIX et l'interface d'un système Unix
  - interface POSIX = l'interface du système !
  - interface native
  - une fonction POSIX = un appel système Unix
- POSIX et l'interface de systèmes propriétaires
  - Windows, VMS, Mach...
  - interface POSIX $\neq$ interface du système
  - bibliothèque niveau utilisateur au dessus des appels système
  - une fonction POSIX = un appel fonction bibliothèque utilisateur = un / multiples appels système

Interface POSIX I

- Interface POSIX : direct avec le noyau.
- Fonctions : appels systèmes
  - Basculement du *user mode* au *kernel mode* (*trap*)
  - Exécution en mode noyau
  - Interruption du processus courant (sauvegarde)
- Exécute des opérations "dangereuses"
- Liste des appels systèmes : syscall.h

le noyau regarde dans le registre processeur

syscall.h contient l'ensemble des appels systemes

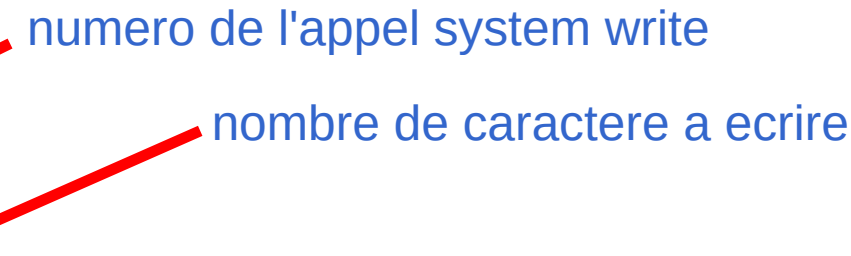
Raccourci : numéro de l'appel suivi des paramètres :

#include <sys/syscall.h>
int syscall (**int** numero...)

Interface POSIX II

Exemple d'appel système :

```
#include <sys/syscall.h>
#include <unistd.h>
int main ()
{
 (void)syscall(SYS_write,
STOUT_FILENO, "hello\n",6);
}
```



A chaque fois qu'on fait un appel systeme on passe d'un contexte utilisateur au noyau

Performances : éviter les appels systèmes multiples !

on ferra un bench mark en TD pour verifier les appels systemes et temps d'execution. Comme solution pour optimiser le code, des developpeurs utilisent directement du code assembleur pour gagner du temps de calcul

Interface POSIX III

definit a la fois un ensembles de fonctions que le systemes doit implementer, ca definit aussi des types generiques (pas facile a utilise), les valeurs de ces types sont completement dependant de l'architecture

- sys/types.h : types de base

Type	Description
dev_t	Numéro de périphérique
uid_t	Identifiant de l'utilisateur
gid_t	Identifiant de groupe d'utilisateurs
ino_t	Identifiant de fichier (numéro de série)
mode_t	Droits d'accès et types de fichiers (masque)
nlink_t	Compteur de liens
off_t	Taille de fichier et déplacement
pid_t	Identifiant de processus
fsid_t	Identifiant de système de fichiers
size_t	Taille
ssize_t	Taille signée

Gestion des erreurs

- Code de retour d'erreur : -1
- Utilisation de errno :

#include <errno.h> *//(sous Linux redirection vers <asm/errno.h>)*
extern int errno;

#include <errno.h>
void perror (**const char** *message); *// affiche le message*
char * strerror (**int** symboleErreur); *// retourne le message*

Erreurs répertoriées par POSIX (extrait) :

Symbole	Signification
EPERM	Opération non autorisée
ENOENT	Fichier ou répertoire inexistant
ESRCH	Processus inexistant
EBADF	Descripteur d'E/S non valide

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

- Environnement, Terminaison, Commandes systèmes
- Constantes POSIX, Bases de données

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

9 Bibliographie

Programmation système en C

Pourquoi on utilise le C ?
- il est proche du systeme
- etc...

- Langage C pour programmer le système
  - sémantique claire
  - efficacité
  - accès à toutes les structures de la machine (registres, bits...)
  - allocation mémoire explicite
  - autres approches possibles : langage dédié
- Langage C interface naturelle avec le système
  - bibliothèques écrites en C
  - utilisation de la bibliothèque depuis le C
  - autres approches possibles : Java, OCaml

Bibliothèque C standard et POSIX

- Bibliothèque C
  - normalisation ISO du langage C
  - section 3 de man
  - *man 3 malloc*
- POSIX
  - normalisation Single Unix
  - section 2 de man
  - *man 2 sbrk*
- Confusion
  - historique commun
  - imbrication
  - définitions communes

malloc fait appel a sbrk

on utilisera sbrk pour implementer malloc

man est le premier chapitre de " man" mais il existe aussi man2 et man3.

Bibliothèque et appel système I

- Appel système semblable à un appel de fonction de bibliothèque
  - comme des appels de fonctions C

- Appel système différent d'un appel de fonction de bibliothèque
  - appel système
    - pas d'édition de liens
    - exécution de code système
  - bibliothèque standard
    - abstraction de plus haut nive
    - édition de liens avec la bibliothèque

-static permet d'utiliser son programme sur differents systemes. -static -Wall permet donc d'avoir un programme portable

au lieu d'utiliser la GLIBC qui est commune a toutes les fonctions

Bibliothèque et appel système II

- Appels système
  - Manipulation du système de fichiers et entrées/sorties
  - Gestion des processus
    - processus = exécution d'un programme
    - allocation de ressources pour les processus (mémoire...)
    - lancement, arrêt, ordonnancement des processus
  - Communications entre processus Informations

Bibliothèque et appel système III

bien consulter a chaque fois le retour d'un appel systeme.

important pour vos rendus: il faut qu'il n'y ait aucun warning avec le parametres -Wall

Terminaison d'un appel système

- Sémantique POSIX d'une primitive
  - comportement
  - y compris en cas d'erreur
  - liste des erreurs pouvant être retournées
  - voir le manuel man
- Valeur de retour d'un appel système
  - retourne -1 en cas d'erreur
  - positionne la variable globale errno
  - perror() produit une message décrivant la dernière erreur (appel système ou fonction bibliothèque)
- Exemple typique

Bibliothèque et appel système IV

```
if (creat(pathname, O_RDWR) == -1) { perror("Creation
    de mon fichier");
}
```

- Test systématique des retours des fonctions (laborieux...)

important de tester systematique les retour, par exemple sur windows ca limiterait bien les ecrans bleus

Bibliothèque et appel système V

Bibliothèques standard

- Nombreuses bibliothèques
  - entrées/sorties formatées & bufferisées
  - localisation (franÃ§ais...) fonctions mathématiques
  - allocation mémoire dynamique
  - etc.
- Abstraction de plus haut niveau
- Performance
- nombre appels système réduits
- exemple : allocation mémoire malloc()/sbrk()

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

- Environnement, Terminaison, Commandes systèmes
- Constantes POSIX, Bases de données

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

9 Bibliographie

Environnement des processus I

Environnement lié à la ligne de commande :

- Construction du binaire : édition des liens avec *.o et crt1.o
- Appel de start crt1.o → main(**int** argc, **char** *argv[]);

Variables d'environnement :

- L'environnement est accessible via : **extern char** **environ;
- Ou par la fonction POSIX :

une librairie est compilee
mais elle n'a pas de main

#include <stdlib.h>
char *getenv(**const char** *nomDeVariable);
int putenv(**const char** *coupleNomValeur);

Environnement des processus II

- Accès aux variables d'environnement (*$PATH, $USER...*)
  - forme générale de main()
  - **int** main (**int** argc, **char** *argv[], **char** **arge); tableau, terminé par NULL, de chaines de caractères de la forme varname=value
  - variable globale environ

Environnement des processus III

```
#include <stdio.h> #include <stdlib.h>
extern char **environ;
int main (int argc, char *argv[])
{
        char **envp = environ;
        while (*envp) printf("%s\n", *envp++);
        exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

contenu de la commande env

PATH sur linux
et Regedit (base de registre) sous Windows.

Environnement des processus IV

- Fonction POSIX getenv()

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <assert.h>
int main (int argc, char *argv[])
{
        char *username;
        username = getenv("USER");
        assert(username != NULL);
        printf("Hello %s\n", username);
        exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

assert retourne si la condition n'est pas respectee

Interface avec le programme appelant

- Programme = nouvelle commande
  - appel depuis une autre commande
  - depuis un shell
  - *mprogram [arguments]...*
- Accès aux arguments de la commande

int main (**int** argc, **char** *argv[]);

argc argv[0] argv[1] a argv[argc]

nombre d'arguments +1 nom de la co

arguments

A chaque fois que vous lancer une commande ou un programme vous lancez un nouveau processus

la programmation Bash est (consommateur en performance et energie) lent car pour chaque mot ou commande on lance un processus.

systemd (50 pid) a remplace sysV (1000 pid)

en C argV[0] est le nom du programme, en Java c'est le premier argument

retour de 0 -> tout c'est bien passe
au dessus de 0 -> il y a une information

Terminaison d'un processus I

- Terminaison d'un processus :
  - de lui-même : exit ou _exit ou **return**
  - d'un signal ***kill*** *–X*
- Processus zombi : info accessible au père

un Zombi c'est quoi ?
c'est un processus en attente. Ne peut pas etre tue par le noyau

quand on fait un "ps aux", c les defunct

Etapes de terminaison :

- Fermeture de tous les descripteurs ouverts
- Libération de toutes les ressources allouées. .
- Envoi du signal SIGHUP à tous les processus du groupe si le processus est leader.
- Rattachement de tous les fils au processus de pid 1.
- Réveil du père attendant via wait ou waitpid.

Terminaison d'un processus II

- Un programme termine à la fin de main()
- Retourne une valeur à l'environnement
  - succès : EXIT_SUCCESS
  - échec : EXIT_FAILURE
  - fonction exit() de la bibliothèque C
  - qui fait appel à fonction POSIX _exit()
- Enregistrement de fonctions de terminaison par atexit()

Terminaison d'un processus III

```
void bye(void)
{printf("A la semaine prochaine!\n");}
int main (int argc, char *argv[]) {
        atexit(bye);
        printf("Hello...\n");
        exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

Exécution de commandes shell

Commande system :

```
#include <stdlib.h>
int system(const char * commande);
```

Exemple d'appel système :

```
#include <stdlib.h>
int main(int argc, char ** argv) {
   int rep;

   rep = system(argv[1]);
   printf("Valeur renvoyee: %d",
            rep);
}
```

ne jamais appeler explicitement la fonction system dans son code, il pourrait etre facilement detourne.

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

- Environnement, Terminaison, Commandes systèmes
- Constantes POSIX, Bases de données

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

9 Bibliographie

Constantes de configuration POSIX

```
#include <unistd.h>
long sysconf(int name);
long pathconf(const char *reference, int symbole);
long fpathconf(int numeroDescripteur, int symbole);
```

- sysconf : Retrouver la valeur associée au symbole POSIX.

Nom	Symbole	Explication
ARG_MAX	_SC_ARG_MAX	Long. Max des arguments passes à exec
CHILD_MAX	_SC_CHILD_MAX	Nb max de processus par utilisateur
CLK_TCK	_SC_CLK_TCK	Nb de ticks d'horloge par seconde
NGROUP_MAX	_SC_NGROUP_MAX	Nb max de groupes de processus par processus
OPEN_MAX	_SC_OPEN_MAX	Nb max de fichiers ouverts par processus
PASS_MAX	_SC_PASS_MAX	Nb Max de caractères dans un mot de passe
POSIX_VERSION	_SC_POSIX_VERSION	Indique la version POSIX supportée
NAME_MAX	_PC_NAME_MAX	Nb max de caractères dans un nom de fichiers
PATH_MAX	_PC_PATH_MAX	Nb max de caractères dans un nom de chemin relatif
PIPE_BUF	_PC_PIPE_BUF	Nb max de caractères écrits de faÃ§on atomique dans un tube

Bases de données systèmes

Accès à la base des comptes :

```
#include <pwd.h>
struct passwd *getpwuid(uid_t numero);
struct passwd *getpwnam(const char *nom);
struct passwd {
   char *pw_name;
   char *pw_passwd;
   uid_t pw_uid;
   gid_t pw_gid;
   char pw_gecos;
   char *pw_dir;
   char *pw_shell; };
```

[uid:]
0->root,
0 ~ 999 -> user system
1000 >= -> user
[gid:]
0->root,
1 ~ 99 -> user system,
100 >= -> user

plus de details dans le ficihier /etc/password de linux ou /etc/shadow sous Windows

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties
- Généralités
- Gestion des fichiers
- Manipulation des i-noeuds
- Primitives de base : répertoire
- Entrée/Sortie fichier
- Descripteurs
- Verrouillage
- Options d'ouverture
- Projection mémoire
- Interface POSIX : opérations avancées
- Bibliothèque C d'entrées/sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties
- Généralités
- fichiers
- Manipulation des i-noeuds
- Primitives de base : répertoire
- Entrée/Sortie fichier
- Descripteurs
- Verrouillage
- Options d'ouverture
- Projection mémoire
- Interface POSIX : opérations avancées
- Bibliothèque C d'entrées/sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

Le système de fichiers

Sous UNIX tout est fichier ! ! !

Présentation des I/O sous forme de fichiers :

- Fichiers réguliers
- Répertoires
- Tubes (Redirection dans un tube)
- Fichiers spéciaux (*/proc/..*, */dev/null*)
- Bloc (*dd* ***if****=/dev/hda*)
- Liens symboliques (pas POSIX.1 :1988 mais POSIX.1 :2001)
- Sockets

Le système de fichiers

Sous UNIX tout est fichier ! ! !

Présentation des I/O sous forme de fichiers :

- Fichiers réguliers
- Répertoires
- Tubes (Redirection dans un tube)
- Fichiers spéciaux (*/proc/..*, */dev/null*)
- Bloc (*dd* ***if****=/dev/hda*)
- Liens symboliques (pas POSIX.1 :1988 POSIX.1 :2001)
- Sockets

dans dev on a les peripheriques :
/dev/sda
/dev/sda1
/dev/sda2
zero
random
urandom
il y a aussi un pour le clavier

la 2eme commande dans une " pipe" est mise en tampon en attendant la fin de l'execution de la premiere

In -s (liens symboliques) : lien vers un chemin
In (liens durs): lien vers inode sur le disque

Pour activer le forward sous linux:
echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward

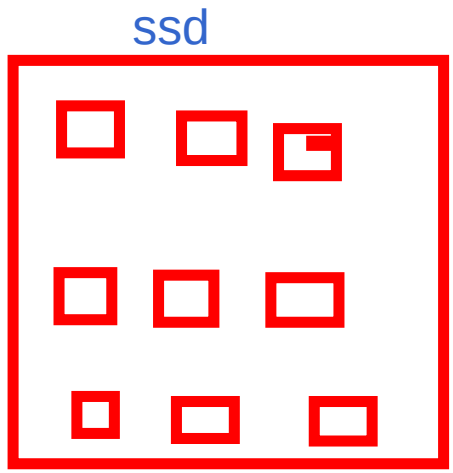
Fichiers

Un fichier ca permet de memoriser des donnees de facon persistante.
sur un disque dur taille d'un bloc 0 ~ 4096
on a 2 types de bloc: inode qui contient l'information du fichier (nom, taille, droits_standard, uid, gid, et un bloc[512] qui fait reference a d'autres blocs)

- Fichiers
  - mémoriser des données
  - sur disques (ou autres supports Â≪ externes Â≫)
  - de manière persistante
- Fichier = entité gérée par le système d'exploitation
- structuration, nommage, accès, protection, implantation...
- système de fichiers = partie du système d'exploitation
- Fichier = mécanisme d'abstraction
- présentation à l'utilisateur
- implantation des systèmes de fichiers

sur chaque partition on cree un systeme de fichier qui decrit l'organisation des fichiers sur le disque

Répertoires



- Répertoire = fichier particulier
  - mémorise la structure du système de fichiers
  - opérations controlées par le système d'exploitation
- Fichier ordinaire
- contient les données Â« utilisateur Â»

Pluralité des systèmes de fichiers

systeme de fichier
avance: btrfs (butter fs
par ce qu'il est souple)

- Différents types de systèmes de fichiers
  - à l'origine fourni par un système d'exploitation
  - exemple : MS-DOS, ufs (Unix), ext2/ext3 (Linux), NTFS (Windows NT), HFS (Mac OS)...
  - fournissent une même abstraction (à première vue...)
- Découplage système d'exploitation / système de fichiers
  - un système Linux peut Â≪ monter Â≫ un système de fichiers MS-DOS
- Système de fichiers = abstraction d'un disque
  - plusieurs disques
  - plusieurs systèmes de fichiers !
  - éventuellement de types différents !
  - vue unifiée des systèmes de fichiers présents = une unique hiérarchie

snapshot = pt de
restauration, meme
concept permettant de
revenir en arriere

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties
- Généralités
- fichiers
- Manipulation des i-noeuds
- Primitives de base : répertoire
- Entrée/Sortie fichier
- Descripteurs
- Verrouillage
- Options d'ouverture
- Projection mémoire
- Interface POSIX : opérations avancées
- Bibliothèque C d'entrées/sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

sous linux contrairement a windows, il n'y a qu'une racine.

Hiérarchie

- Système de fichiers présente une hiérarchie
  - répertoire Â« contient Â» des fichiers
  - racine du système de fichiers
  - position courante dans la hiérarchie
- Système de fichiers n'est pas une hiérarchie
  - implantation sur la machine est un ensemble de nœuds
  - un nœud = un ensemble de blocs de données
  - détails d'implémentation cachés
- Le programmeur doit savoir que le système de fichiers n'est pas une hiérarchie
  - répertoire contient une liste de noms d'entrées
  - manipulation des liens symboliques
  - manipulation des liens physiques

pas d'espace, pas d'accent, dans les noms de fichiers et repertoires

Système de fichiers arborescent

- Le système de fichier est un arbre
  - vue simplificatrice (... sur laquelle on reviendra)
  - arbre = racine + nœuds à un parent unique + arcs
- Racine
  - notée /
  - est son propre parent
- Arcs ou entrées
  - nommés, tous caractères sauf '0' et '/'
  - éviter les espaces, les non imprimables, et non ASCII
- Nœuds non terminaux
  - répertoires toujours deux fils :
  - **.** et **..**
  - **.** désigne le nœud lui-même, **..** désigne son père
- Nœud terminaux
  - fichiers standard
  - contiennent des données

Numérotation des nœuds

- Désignation d'un fichier sur le support matériel
  - numéro de périphérique (device) numéro d'inœud (inode)
- Association d'une numérotation à un nœud
  - lien entre le nommage et le contenu
- Nommages multiples d'un nœud
  - de part les arcs . et ..
  - (entre autres... à suivre)
  - accès au même contenu
  - partage des modifications du contenu

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties
- Généralités
- fichiers
- Manipulation des i-noeuds
- Primitives de base : répertoire
- Entrée/Sortie fichier
- Descripteurs
- Verrouillage
- Options d'ouverture
- Projection mémoire
- Interface POSIX : opérations avancées
- Bibliothèque C d'entrées/sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

Accès aux fichiers et répertoires

quand on cree un demon, la premiere chose a faire c changer le repertoire par defaut du service systeme.

Primitives issues de **#include** <unistd.h>.

- Changement de répertoire : **int** chdir(**const char** *path);
- Consultation du répertoire courant :
  char *getcwd(**char** *dirname, size_t size); c la commande pwd
- size est la taille du tableau pointé par dirname (et qui a dÃ» être alloué par l'appelant)

Accès aux informations du fichier :

- **int** stat(**const char** *path, **struct** stat *buf);

Manipulation des i-noeuds

Caractéristiques des fichiers :

un fichier sera supprimer quand son nlink est a zero

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
struct stat {
   dev_t   st_dev; // id disque logique
   ino_t   st_ino; // numero du fichier sur ce disque
   mode_t  st_mode; // type fichier et droits
   nlink_t  st_nlink; // nombre de liens physique
   uid_t   st_uid; // proprietaire
   gid_t   st_gid; // groupe du proprietaire
   time_t   st_atime; // dernier acces
   time_t   st_mtime; // derniere modification fichier
   time_t   st_ctime; // derniere modification i–noeud
};
```

Informations d'un fichier

- Structure **struct** stat
  - retournée par

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
int stat(const char *path, struct stat *sb);
int lstat(const char *path, struct stat *sb);
```

  - stat() : fichier désigné par un lien symbolique
  - lstat() : le lien lui-même
- Identification du nœud dans le système
  - partition et inœud

```
struct stat { dev_t st_dev; ino_t st_ino; ...
```

  - nombre de liens physiques sur le fichier

```
struct stat {
...
nlink_t st_nlink;
```

Type et droits

- propriétaire, groupe propriétaire, mode

```
struct stat {
...
mode_t st_mode;
uid_t st_uid;
gid_t st_gid;
...
```

- informations propriétaire

```
#include <pwd.h>
struct passwd *getpwuid(uid_t uid);
 struct passwd {
                char *pw_name; /* user name */
                uid_t pw_uid; /* user uid */
                gid_t pw_gid; /* user gid */
```

Manipulation des i-noeuds

Macros disponibles :

- S_ISREG(mode) vrai si l'i-noeud est celui d'un fichier normal (régulier).
- S_ISLNK(mode) vrai si l'i-noeud est celui d'un lien symbolique.
- S_ISDIR(mode) vrai si l'i-noeud est celui d'un répertoire.
- S_ISCHR(mode) vrai si l'i-noeud est celui d'un fichier spécial à accès par caractère.
- S_ISBLK(mode) vrai si l'i-noeud est celui d'un fichier spécial à accès par bloc.
- S_ISFIFO(mode) vrai si l'i-noeud est celui d'un tube nommé ou anonyme.

Manipulation des i-noeuds

Macros disponibles :

- Sélection des champs : S_IRWX[UGO] S_IS[UG]ID
- Décodage des droits d'accès : S_I[RWX](USR|GRP|OTHR)

```
struct stat sbuf;
char *path = "foo/bar";
if (stat(path, &sbuf) >= 0) {
   int m = sbuf.st_mode;
   if (S_ISREG(m)) { /* le fichier est un fichier ordinaire */
      if (m & (S_IWUSR | S_IWGRP)) {
         /* fichier lisible par le proprietaire ou son groupe */
      } } }
```

Manipulation des i-noeuds : exemple I

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <time.h>
#include <pwd.h>
#include <grp.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>

void print_stat(const char *ref, struct stat *statut) {
  struct passwd *pw;
  struct group *gr;
  char type;
```

Manipulation des i-noeuds : exemple II

```
#define LTEMPS 32
char pws[9], grs[9], temps[LTEMPS];

type = '?';
if (S_ISREG(statut->st_mode)) type = '-';
else if (S_ISDIR(statut->st_mode)) type = 'd';
else if (S_ISCHR(statut->st_mode)) type = 'c';
else if (S_ISBLK(statut->st_mode)) type = 'b';
else if (S_ISFIFO(statut->st_mode)) type = 'p';
strftime(temps,LTEMPS,"%a %e %h %Y %H:%M:%S",
                    localtime(&(statut->st_mtime)));

pw = getpwuid(statut->st_uid);
if (pw!=NULL) strcpy(pws,pw->pw_name);
```

Manipulation des i-noeuds : exemple III

```
else sprintf(pws,"%8d",(int)statut->st_uid);

gr = getgrgid(statut->st_gid);
if (gr!=NULL) strcpy(grs,gr->gr_name);
else sprintf(grs,"%8d",(int)statut->st_gid);
printf("%c%c%c%c%c%c%c%c%c%c %2d %8s %8s %9d %
    s
            %s\n", type,
          statut->st_mode&S_IRUSR?'r':'-',
          statut->st_mode&S_IWUSR?'w':'-',
          statut->st_mode&S_IXUSR?'x':'-',
          statut->st_mode&S_IRGRP?'r':'-',
          statut->st_mode&S_IWGRP?'w':'-',
          statut->st_mode&S_IXGRP?'x':'-',
```

Manipulation des i-noeuds : exemple IV

```
                statut->st_mode&S_IROTH?'r':'-',
                statut->st_mode&S_IWOTH?'w':'-',
                statut->st_mode&S_IXOTH?'x':'-',
               (int)statut->st_nlink, pws,grs, (int)statut->st_size,
                    temps,ref );
}

int main(int argc,const char *argv[]) {
   struct stat statut;
   int i;
   if (argc<2) {
        if ( fstat(STDIN_FILENO,&statut) == -1 ) {
          fprintf(stderr,"%s: impossible d'obtenir le statut de
                          %s\n",argv[0], "<STDIN>");
```

Manipulation des i-noeuds : exemple V

```
            exit(EXIT_FAILURE);
          }
          print_stat("<STDIN>",&statut);
    }
    else {
      for (i=1; i<argc; i++) {
          if ( stat(argv[i],&statut) == -1 ) {
            fprintf(stderr,"%s: impossible d'obtenir le statut de %s\n
                  ",argv[0],
                        argv[i]);
            continue; }
          print_stat(argv[i],&statut); }
      }
      exit(EXIT_SUCCESS);
```

Manipulation des i-noeuds : exemple VI

```
}
```

la commande s'appelle cd et l'appel system c'est chdir

Manipulation des i-noeuds

implementer chmod en exam, c'est appeler chmod. mode_t mode en octal

- Droits d'accès suffisants :
  int access(**const char** *reference, **int** mode_acces);
- Modification des droits d'accès :
  int chmod(**const char** *reference, mode_t mode);,
  int fchmod(**int** descripteur, mode_t mode);
- Changement de propriétaire :
  int chown(**const char** *reference, uid_t uid, gid_t gid);,
  int fchown(**int** descripteur, uid_t uid, gid_t gid);
- **int** utime(**const char** *ref, **const struct** utimbuf *buf);
- **int** truncate(**const char** *reference, off_t longueur);,
  int ftruncate (**int** descripteur, off_t longueur);

Une version avec f et une autre sans. si vous faites une seule operation a faire sur le fichier fais le sans f. pour plusieurs operations fais avec f.

Création des i-noeuds

Création des fichiers “normaux” :

- fichier régulier : create ou open avec O_CREATE
- répertoire : mkdir
- tube : pipe ou mkfifo
- lien symbolique : symlink

Fichiers “spéciaux” :

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
int mknod(const char *reference, mode_t droits, dev_t
    ressource);
```

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties
- Généralités
- Manipulation des fichiers
- Manipulation des i-noeuds
- Primitives de base : répertoire
- Entrée/Sortie fichier
- Descripteurs
- Verrouillage
- Options d'ouverture
- Projection mémoire
- Interface POSIX : opérations avancées
- Bibliothèque C d'entrées/sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

Droits d'accès I

- Vérification du droit d'accès à un fichier

```
#include <unistd.h>
int access(const char *path, int amode);
```

  - droit défini par une combinaison Â« ou Â» des macros R_OK, W_OK, X_OK, et F_OK
  - exemple :

```
if (access(pathname, X_OK))
        printf("Fichier executable\n");
```

Droits d'accès II

- Positionner les droits d'un fichier

```
#include <sys/stat.h>
int chmod(const char *path, mode_t mode);
```

  - spécification de mode sous forme d'un masque binaire (S_IRUSR, S_IWUSR, S_IXUSR, etc.)

Parcours des répertoires I

- Contenu d'un répertoire = liste de liens
  - itération de la liste
- Descripteur de répertoire
  - ouverture et fermeture

```
#include <dirent.h>
DIR *opendir(const char *dirname);
int closedir(DIR *dirp);
```

Parcours des répertoires II

- Itération sur les entrées du répertoire
  - obtenir les informations d'une entrée :

```
#include <dirent.h>
struct dirent *readdir(DIR *dirp);
```

  - numéro d'inœud et nom :

```
struct dirent {
    ino_t d_ino;
    char d_name[];
    ...
```

Parcours des répertoires III

Listing 1 – Exemple : recherche dans le repertoire courant

```
static int lookup(const char *name) {
    DIR *dirp; struct dirent *dp;
    if ((dirp = opendir(".")) == NULL) {
        perror("couldn't open '.'"); return 0;
    }
    while ((dp = readdir(dirp))) {
        if (! strcmp(dp->d_name, name)) {
            printf("found %s\n", name); closedir(dirp); return 1;
        }
    }
    if (errno != 0) perror("error reading directory");
    else printf("failed to find %s\n", name); closedir(dirp);
```

Parcours des répertoires IV

```
    return 0;
}
```

Création d'un répertoire I

- Créer une entrée dans un répertoire
  - répertoire existant
  - sinon le créer préalablement
  - itération nécessite le droit d'écriture sur le répertoire
- Masque des droits
- variable système umask du processus modifiée par

```
#include <sys/stat.h>
mode_t umask(mode_t cmask);
```

  - qui retourne l'ancien masque
  - paramètre mode d'une primitive de création
  - droits de l'entrée créée = mode & ~umask

Création d'un répertoire II

- Créer un répertoire
  - primitive

    #include <sys/stat.h>
    int mkdir(**const char** *path, mode_t mode);

  - exemple

    int status;
    status = mkdir("/tmp/dir", S_IRWXU | S_IRWXG | S_IROTH |
    S_IXOTH)

  - résultat

Création d'un répertoire III

```
% mmkdir
% ls –ld /tmp/dir drwxr–xr–x 1 phm phm 4 29 Dec 00:32 /tmp/dir
% umask
022
% umask 002
% rmdir /tmp/dir
% mmkdir
% ls –ld /tmp/dir drwxrwxr–x 1 phm phm 4 29 Dec 00:34 /tmp/dir
```

Destruction

- Destruction d'un nœud
  - supprimer une entrée dans la hiérarchie
  - supprimer l'inœud si dernière entrée
  - implémentation : compteur de références sur un inœud
- Détruire un répertoire

```
#include <unistd.h>
int rmdir(const char *path);
```

  - doit être vide
- Détruire un fichier

```
#include <unistd.h>
int unlink(const char *path);
```

  - fichier ordinaire, ou lien symbolique...

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties
- Généralités
- fichiers
- Manipulation des i-noeuds
- Primitives de base : répertoire
- Entrée/Sortie fichier
- Descripteurs
- Verrouillage
- Options d'ouverture
- Projection mémoire
- Interface POSIX : opérations avancées
- Bibliothèque C d'entrées/sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

Ouverture d'un fichier

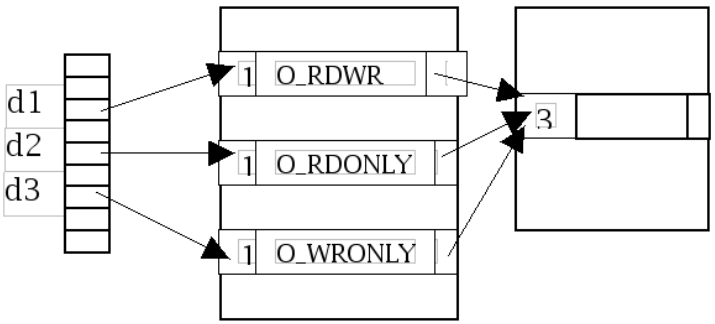
```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
int open(const char *reference, int mode, ... /* mode_t droits */
    );
```

Fonctionnement :

- Retour : numéro du descripteur alloué.
- Mode : construit par disjonction (—) O_RDONLY, O_WRONLY ou O_RDWR
- En cas de succès :
  - la position courante est à 0
  - le compteur d'ouvertures de l'i-node incrémenté
  - le compteur de la table des fichiers ouverts initialisé à un
  - un descripteur reste ouvert

Ouverture d'un fichier : exemple

```
int d1, d2, d3;
char * ref;
...
d1=open(ref, O_RDWR);
d2=open(ref, O_RDONLY);
d3=open(ref, O_WRONLY);
```



Ouverture d'un fichier : autres options

- Options d'accès
  - aucun, un ou plusieurs parmi les suivants
  - O_APPEND : mode ajout
  - O_CREAT création du fichier s'il n'existe pas
    - 3e paramètre de type mode_t
  - O_EXCL et O_CREAT : échec si le fichier existe déjà
  - O_TRUNC (et O_WRONLY ou O_RDWR) si le fichier existe, le tronquer à zéro
  - O_NONBLOCK, O_DSYNC, O_RSYNC, O_SYNC à suivre...

Ouvertures typiques I

- lecture d'un fichier (que l'on veut) existant

```
int fd = open(path, O_RDONLY);
if (fd == –1) {
        perror("ouverture du fichier");
```

- création d'un fichier (et troncature si existant)

```
open(path, O_WRONLY | O_CREAT | O_TRUNC,
S_IRUSR | S_IWUSR | S_IRGRP | S_IWGRP | S_IROTH |
    S_IWOTH);
ou
open(path, O_WRONLY | O_CREAT | O_TRUNC, 0666);
```

Ouvertures typiques II

- pour un fichier exécutable

  open(path, O_WRONLY | O_CREAT | O_TRUNC,
  S_IRWXU | S_IRWXG | S_IRWXO);
  ou
  open(path, O_WRONLY | O_CREAT | O_TRUNC, 0777);

- ajout à un fichier existant

  open(path, O_WRONLY | O_APPEND | O_CREAT,
  S_IRUSR | S_IWUSR | S_IRGRP | S_IWGRP |
  S_IROTH | S_IWOTH);

Ouverture à la création du processus

- Ouverture à la création du processus
  - réalisée automatiquement par le système
  - entrées/sorties standard
  - descripteur STDIN_FILENO (0) : entrée standard
  - descripteur STDOUT_FILENO (1) : sortie standard
  - descripteur STDERR_FILENO (2) : sortie d'erreur

Ouverture d'un fichier : propriétés

Controle de protection effectué par le noyau :

- Création, suppression, modification
- st_uid et st_gid du propriétaire
- identité du processus

Propriété des nouveaux fichiers ou répertoires :

- propriétaire du fichier : propriétaire du processus
- groupe propriétaire du fichier (implémentation ?) :
  - le groupe effectif du processus
  - le groupe du répertoire conteneur

Fermeture d'un fichier

#include <unistd.h>
int close(**int** numeroDescripteur);

Ferme les descripteurs

- lève les verrous
- décrémente les compteurs de descripteurs

Lecture dans un fichier

Lire tailleBuff via un descripteur :

ssize_t read(**int** numeroDes, **void** *buffer, size_t tailleBuff);

Si aucun verrou :

- si offset ¡ taille fichier : lecture position courante
- sinon, renvoie 0 (et remplit le buffer)

En cas de verrou, le processus est bloqué.

Ecriture dans un fichier

Ecriture de tailleBuff caractères via un descripteur :

ssize_t write(**int** numeroDes, **void** *buffer, size_t tailleBuff);

- Position courante mise à jour (éventuellement fin de fichier)
- Si verrou, attente
- -1 pour un erreur (descripteur inexistant, descripteur non ouvert en écriture)

Exemple : copie de fichier I

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <fcntl.h>
#include <sys/stat.h>

#define BUFSIZE 4096

static void copy_file(const char *src, const char *dst)
{
    int fdsrc, fddst;
    char buffer[BUFSIZE];
    int nchar;
```

Exemple : copie de fichier II

```
    fdsrc = open(src, O_RDONLY);
    fddst = open(dst, O_WRONLY | O_CREAT | O_TRUNC,
        S_IRUSR | S_IWUSR | S_IRGRP | S_IWGRP | S_IROTH |
            S_IWOTH);
    while ((nchar = read(fdsrc, buffer, BUFSIZE))) {
        write(fddst, buffer, nchar);
    }
    close(fdsrc); close(fddst);
}
```

Modification de l'offset

Modification de la position courante :

off_t lseek(**int** numeroDes, off_t deplacement, **int** origine);

- SEEK_SEEK : début de fichier
- SEEK_CUR : courant
- SEEK_END : fin de fichier

Exemple d'utilisation de l'offset I

```
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
#include <sys/mman.h>
#include <fcntl.h>
typedef struct {
    int integer;
    char string[24];
} RECORD;
#define NRECORDS (100)
int main()
{
  RECORD record, *mapped;
  int i, f;
```

Exemple d'utilisation de l'offset II

```
FILE *fp;
fp = fopen("records.dat","w+");
for(i=0; i<NRECORDS; i++) {
   record.integer = i;
   sprintf(record.string,"RECORD-% d",i);
   fwrite(&record,sizeof(record),1,fp);
}
fclose(fp);

// ouverture du flux vers le fichier "records.dat"
fp = fopen("records.dat","r+");
// deplacement de l'offset au 43eme enregistrement
fseek(fp,43*sizeof(record),SEEK_SET);
// lecture du 43eme enregistrement
```

Exemple d'utilisation de l'offset III

```
    fread(&record,sizeof(record),1,fp);
    /* mise a jour des donnees de cet enregistrement dans la
        structure "record" */
    record.integer = 143; sprintf (record.string,"RECORD-%d",
        record.integer);
    /* ecriture de cette structure "record" maj dans le fichier */
    fseek(fp,43*sizeof(record),SEEK_SET);
    fwrite(&record,sizeof(record),1,fp);
    fclose(fp);
}
```

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties
- Généralités
- fichiers
- Manipulation des i-noeuds
- Primitives de base : répertoire
- Entrée/Sortie fichier
- Descripteurs
- Verrouillage
- Options d'ouverture
- Projection mémoire
- Interface POSIX : opérations avancées
- Bibliothèque C d'entrées/sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

Duplication d'un descripteur

Duplique avec un descripteur synonyme :

int dup(**int** numeroDes);

Force un descripteur à être synonyme :

int dup2(**int** premier, **int** second);

Exemple :

close(STDIN_FILENO); dup(entree); close (entree);
close(STDOUT_FILENO); dup(sortie); close (sortie);

Controle d'un descripteur

int fcntl(**int** numeroDes, **int** commande, ...);

Lire/Ecrire des attributs d'un descripteur :

- F_GETFD : récupérer les attributs dans l'entier retourné
- F_SETFD : modifier les attributs avec le troisième paramètre
- F_GETFL : lire le mode d'ouverture dans la table des fichiers ouverts
- F_SETFL : écrire le mode d'ouverture dans la table des fichiers ouverts
- F_DUPFD : obtenir un numéro synonyme supérieur ou égal au troisième paramètre

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties
- Généralités
- fichiers
- Manipulation des i-noeuds
- Primitives de base : répertoire
- Entrée/Sortie fichier
- Descripteurs
- Verrouillage
- Options d'ouverture
- Projection mémoire
- Interface POSIX : opérations avancées
- Bibliothèque C d'entrées/sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

Verrouillage

- Nécessité de controler les accès concurrents aux données
  - cohérence des données
  - écritures multiples en fin de fichier : cohérence assurée par le système si O_APPEND
  - écritures multiples quelconques ?
  - écriture et lecture simultanées ?
  - lectures multiples simultanées possibles
- Verrou (lock)
  - mécanisme général de controle d'accès
    - cas particulier des accès aux données d'un fichier
  - notion de propriétaire d'un verrou
    - opérations autorisées au seul propriétaire du verrou
  - prise et relÃ¢che d'un verrou
    - devient propriétaire
  - portée d'un verrou
    - ensemble des positions d'un fichier controlées par un verrou

Verrouillage

- Nécessité de controler les accès concurrents aux données
  - cohérence des données
  - écritures multiples en fin de fichier : cohérence assurée par le système si O_APPEND
  - écritures multiples quelconques ?
  - écriture et lecture simultanées ?
  - lectures multiples simultanées possibles
- Verrou (lock)
  - mécanisme général de controle d'accès
    - cas particulier des accès aux données d'un fichier
  - notion de propriétaire d'un verrou
    - opérations autorisées au seul propriétaire du verrou
  - prise et relÃ¢che d'un verrou
    - devient propriétaire
  - portée d'un verrou
    - ensemble des positions d'un fichier controlées par un verrou

Verrouillage des fichiers réguliers

- Controle de la concurrence d'accès aux fichiers
- Verrou attaché à l'i-node
- Verrous :
  - partagés (shared lock)
  - exclusif (exclusive lock)

Verrouillage

- Accès exclusif en écriture lors de la création d'un fichier
  - options O_CREATE | O_EXCL de open()
  - restrictif : création exclusive et non accès exclusif
  - granularité fixe : le fichier
- Portées des verrous POSIX
  - ensemble de positions d'un fichier
  - intervalle : $[offset_i..offset_f\ ]$
  - intervalle infini : $[offset_i..\infty]$
- Deux types de verrous POSIX
  - verrous partagés ou verrous de lecture
  - verrous exclusifs ou verrous d'écriture

- Deux comportements possibles vis-à-vis des verrous
  - mode consultatif (ou coopératif)
    - les opérations read()/write() sont toujours possibles
    - la pose d'un verrou empêche la pose de verrous incompatibles
    - le programme doit, de lui-même, consulter les verrous
  - mode impératif
    - le système controle les accès via read()/write() en fonction des verrous posés
    - verrou partagé : interdit les accès en écriture
    - verrou exclusif : interdit tout accès
  - pas de spécification POSIX du choix du mode (!)
    - habituellement mode coopératif

Verrouillage des fichiers réguliers

- Type **struct** flock de description d'un verrou

```
int fcntl(int nDes, int cmd, /* struct flock *flockPtr */);

struct flock {
        short l_type; /* F_RDLCK, F_WRLCK or F_UNLCK */
        short whence; /* SEEK_SET, SEEK_CUR or
             SEEK_END */
        off_t  l_start; /* offset in bytes relative to l_whence */
        off_t  l_len; /* length in bytes; 0 means lock to EOF */
        pid_t l_pid; /* process owner returned with F_GETLK */
}
```

- verrou partagé (F_RDLCK), verrou exclusif (F_WRLCK), ou déverrouillage (F_UNLCK)
- whence parmi SEEK_CUR, SEEK_SET, et SEEK_END

Verrouillage

- Opérations de verrouillage
  - appel système

    #include <fcntl.h>
    int fcntl(**int** fildes, **int** cmd, **struct** flock *plock);

  - cmd parmi F_SETLK, F_SETLKW, F_GETLK
  - F_SETLK : demande non bloquante de prise du verrou
    - erreur -1 en cas de verrou incompatible : EACCESS ou EAGAIN
    - erreur -1 en cas d'interblocage (deadlock) : EDEADLK
  - F_SETLKW : demande bloquante de prise de verrou
    - attente que le verrou puisse être posé
    - erreur -1 en cas d'interblocage (deadlock) : EDEADLK
  - F_GETLK : teste d'existence d'un verrou incompatible avec le verrou donné
    - verrou incompatible retourné dans plock

Verrouillage des fichiers réguliers

- Pour obtenir un verrou en lecture, le descripteur doit être ouvert en lecture.
- Pour un verrou en écriture, il doit l'être en écriture.

	Read lock	Write lock
Aucun verrou sur la région	OK	OK
Un ou +ieurs verrous en lecture sur région	OK	refus
Un verrou en écriture sur région	refus	refus

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties
- Généralités
- fichiers
- Manipulation des i-noeuds
- Primitives de base : répertoire
- Entrée/Sortie fichier
- Descripteurs
- Verrouillage
- Options d'ouverture
- Projection mémoire
- Interface POSIX : opérations avancées
- Bibliothèque C d'entrées/sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

Options d'ouverture I

- Différents modes de lecture/écriture
  - mode bloquant / non bloquant ; bloquant par défaut
  - mode synchronisé / non synchronisé ; non synchronisé par défaut
- Spécification du mode à l'ouverture du fichier (open())
  - paramètre oflag : mode d'accès + options
- Spécification du mode postérieur à l'ouverture
  - fonction fcntl(), commandes F_GETFL/F_SETFL (get/set flag)
  - exemple : ajout d'un mode

```
fcntl(fd, F_SETFL, fcntl(fd, F_GETFL) | O_FLAG);
```

Options d'ouverture II

- Mode bloquant / non bloquant
  - par défaut un appel read() est bloquant
    - lecture depuis un terminal, depuis un tube...
  - un appel write() peut être bloquant
    - à cause d'un verrou impératif...
  - option O_NONBLOCK du mode d'ouverture : mode non bloquant

```
fcntl(fd, F_SETFL, fcntl(fd, F_GETFL) | O_NONBLOCK);
```

    - les appels à read()/write() ne sont jamais bloquants
    - situation de blocage : read()/write() retourne une erreur (-1) ; positionne errno (EAGAIN)

Options d'ouverture III

- Mode synchronisé / non synchronisé
  - par défaut les écritures se font en mode non synchronisé
  - les données à écrire sont mémorisées dans des caches du système d'exploitation
  - de manière asynchrone, le système réalise les écritures des caches sur les disques
  - évite aux processus d'attendre les écritures disques
  - pas de garantie que l'écriture disque ait été réalisée...
  - option O_SYNC du mode d'ouverture : écritures en mode synchronisé
  - appel à write retourne quand les données sont écrites sur le disque

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties
- Généralités
- fichiers
- Manipulation des i-noeuds
- Primitives de base : répertoire
- Entrée/Sortie fichier
- Descripteurs
- Verrouillage
- Options d'ouverture
- Projection mémoire
- Interface POSIX : opérations avancées
- Bibliothèque C d'entrées/sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

Projection mémoire I

- Charger un fichier dans l'espace d'adressage du processus
  - ensemble ou partie du fichier manipulation du fichier via l'adressage mémoire
- Evite de multiples copies vers/depuis les caches systèmes
  - lors de multiples écritures/lectures successives de mêmes positions
- Implantation
  - le fichier n'est pas lu dans son intégralité lors de la projection !
- Appel système mmap()

Projection mémoire II

- Appel système mmap()

  #include <sys/mman.h>
  void *mmap(**void** *addr, size_t len, **int** prot, **int** flags, **int** fildes, off_t off);

  - considère les données [off..off+len[du fichier fildes
  - addr est un adresse de projection choisie ; la positionner à NULL
  - prot définit les accès possibles à la zone mémoire
    - PROT_NONE, aucun accès, ou
    - combinaison binaire de PROT_READ, PROT_WRITE, PROT_EXEC
  - flags précise des options
    - répercutions des modifications sur toutes les projections du fichier ou non

Projection mémoire III

- retourne l'adresse de la projection
- Appel

  int munmap(**void** *addr, size_t len);

- libère la zone mémoire de projection

Projection mémoire IV

```
static void copy_file(const char *src, const char *dst) {
    struct stat stsrc, stdst;
    int fdsrc, fddst;
    char *psrc; int size;

    lstat(src, &stsrc);
    lstat(dst, &stdst);

    if (stsrc.st_ino == stdst.st_ino && stsrc.st_dev == stdst.st_dev
        ) {
        fprintf(stderr, "%s et %s sont le meme fichier\n", src, dst
            );
        return;
    }
```

Projection mémoire V

```
    fdsrc = open(src, O_RDONLY);
    fddst = open(dst, O_WRONLY | O_CREAT | O_TRUNC,
          S_IRUSR | S_IWUSR | S_IRGRP | S_IWGRP |
          S_IROTH | S_IWOTH);
    size = stsrc.st_size;
    psrc = mmap(NULL, size, PROT_READ, MAP_PRIVATE,
          fdsrc, 0);
    write(fddst, psrc, size);
    munmap(psrc, size);
    close(fdsrc);
    close(fddst);
}
```

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties
- Généralités
- fichiers
- Manipulation des i-noeuds
- Primitives de base : répertoire
- Entrée/Sortie fichier
- Descripteurs
- Verrouillage
- Options d'ouverture
- Projection mémoire
- Interface POSIX : opérations avancées
- Bibliothèque C d'entrées/sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

Lecture dans un fichier : POSIX.1

Distribution segmentée dans un vecteur :

ssize_t readv(**int** num, **const struct** iovec *vecteur, **int** n);

Structure iovec :

```
struct iovec {
        char *iov_base; /* adresse du buffer */
        size_t iov_len; /* taille du buffer = nb de caracteres a lire
            */ }
```

Lecture à un offset donné :

ssize_t pread(**int** numDesc,**void** *buff, size_t sizeBuff, off_t position);

Positionnement I

- Déplacer la position courante
  - écritures/lectures se font à la position courante
  - écritures/lectures modifient la position courante
  - modification “explicite” de cette position courante

    #include <unistd.h>
    off_t lseek(**int** fd, off_t offset, **int** whence);

  - déplacement de offset octets
  - offset peut être négatif
  - suivant whence, à partir de
    - la position courante SEEK_CUR
    - le début de fichier (a/c 0) SEEK_SET
    - la fin de fichier SEEK_END
  - retourne la nouvelle position absolue
- Positionnement parfois impossible / interdit

Positionnement II

- fichiers/périphériques sans capacité de positionnement
  - tubes, terminaux...
- retourne erreur (-1) ; positionne errno (ESPIPE)
- Positionnement possible au delà de la fin de fichier
  - ne change pas la taille
  - écriture à cette position changera la taille
    - trou laissé entre l'ancienne fin de fichier et cette position : plein de zéro fichier "creux"

Positionnement : Exemple

```
int main (int argc, char *argv[]) {
    int status;
    status = lseek(STDIN_FILENO, 0, SEEK_SET);
    if (status == -1) {
        fprintf(stderr, "Non seekable file\n");
        exit(EXIT_FAILURE);
    }
    fprintf(stderr, "Seekable file \n");
    exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

```
% ./skable Seekable file
% ./skable < /etc/passwd Seekable file
% cat /etc/passwd | ./skable Non seekable file
```

Ecriture indexée

ssize_t pwrite(**int** fildes, **const void** *buf, size_t nbyte, off_t offset);

- écriture à une position donnée
- ne modifie pas la position courante
- paramètre offset supplémentaire : position absolue / début du fichier

écriture indexée

```
#define SIZEOF_PNGINT 4

static int png_write_sizes(int fd, png_int x, png_int y)
{
        ssize_t lx, ly;
        lx = pwrite(fd, &x, SIZEOF_PNGINT, 16);
        ly = pwrite(fd, &y, SIZEOF_PNGINT, 20);
        return (lx == SIZEOF_PNGINT) && (ly ==
            SIZEOF_PNGINT);
}
```

```
% cat /usr/share/file/magic
[...]
# PNG [Portable Network Graphics, or "PNG's Not GIF"] images
# 137 P N G \r \n ^Z \n [4-byte length] H E A D [HEAD data] [HEAD crc] ...
0 string \x89PNG PNG image data,
>4 belong !0x0d0a1a0a CORRUPTED,
```

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties
- Généralités
- Fichiers
- Manipulation des i-noeuds
- Primitives de base : répertoire
- Entrée/Sortie fichier
- Descripteurs
- Verrouillage
- Options d'ouverture
- Projection mémoire
- Interface POSIX : opérations avancées
- Bibliothèque C d'entrées/sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

Pourquoi une bibliothèque

- Abstraction de plus haut niveau
  - entrées/sorties formatées
  - fprintf(), fscanf(), etc.
  - *man 3*
- Performances
  - entrées/sorties temporisées
  - réduire le nombre des coÃ≫teux appels système
  - coÃ≫t d'un appel système $\approx$ 1000 instructions écriture (/lecture) dans un tampon utilisateur
  - quand le tampon est plein (/vide), appel système write()(/read())

Exemple : copie de fichier I

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/stat.h>

static void copy_file(const char *src, const char *dst)
{
    struct stat stsrc, stdst;
    FILE *fsrc, *fdst;
    int c;

    lstat(src, &stsrc);
    lstat(dst, &stdst);
```

Exemple : copie de fichier II

```
    if (stsrc.st_ino == stdst.st_ino && stsrc.st_dev == stdst.st_dev
        ) {
        fprintf(stderr, "%s et %s sont le meme fichier\n", src, dst)
            ;
        return;
    }
    fsrc = fopen(src, "r");
    fdst = fopen(dst, "w");
    while ((c = fgetc(fsrc)) != EOF)
        fputc(c, fdst);
    fclose(fsrc);
    fclose(fdst);
}
```

Attention une bibliothèque

- Ne pas mixer les fonctions bibliothèques et appels système
  - la bibliothèque utilise des appels système !
- Bibliothèque temporisée
  - attente que le tampon soit plein (/vide)
- Possible surcoÃ≫t ?
  - copie supplémentaire
  - regagné par la factorisation des appels systèmes

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers
- Périphériques
- Virtualisation
- Elements d'implantation
- Méthodes d'Allocation

8 Processus

9 Bibliographie

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers
- Périphériques
- Virtualisation
- Elements d'implantation
- Méthodes d'Allocation

8 Processus

9 Bibliographie

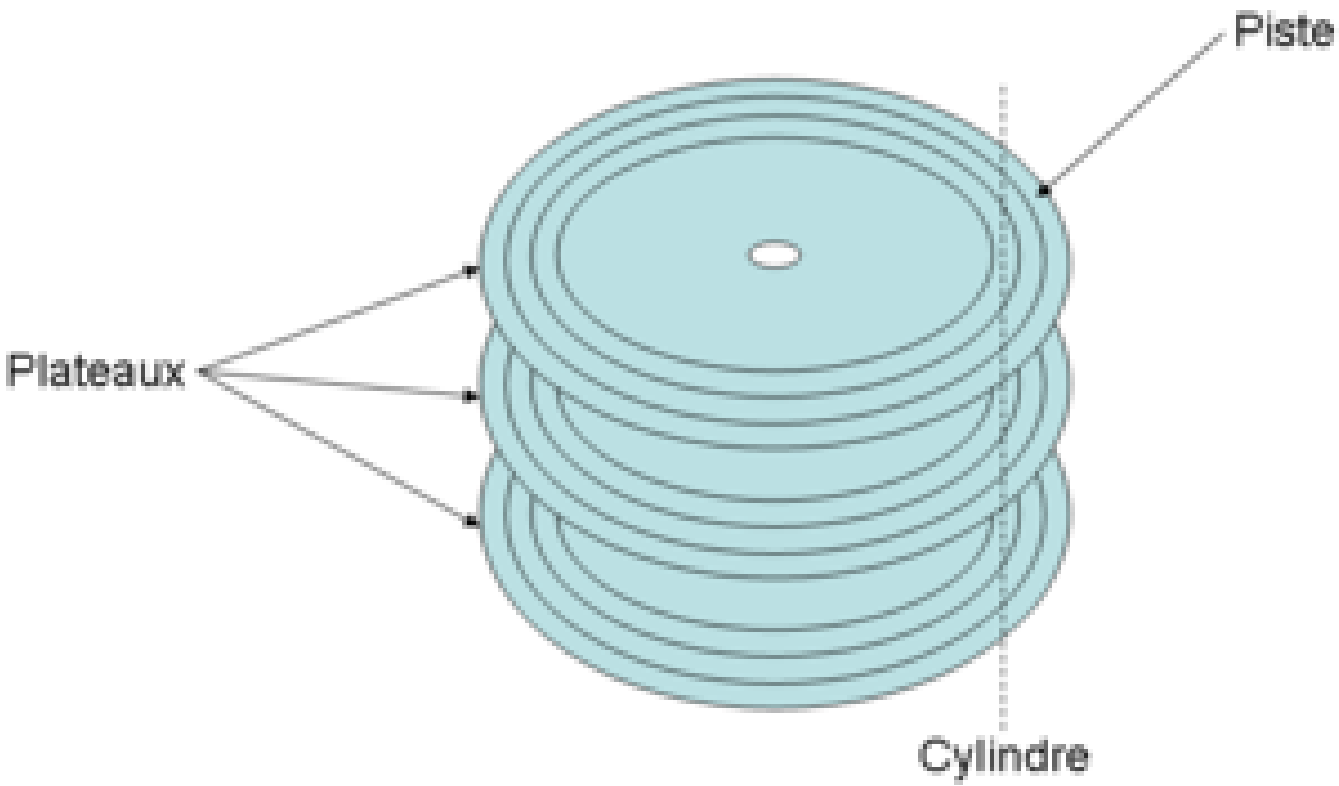
Périphériques

Mémoire persistante

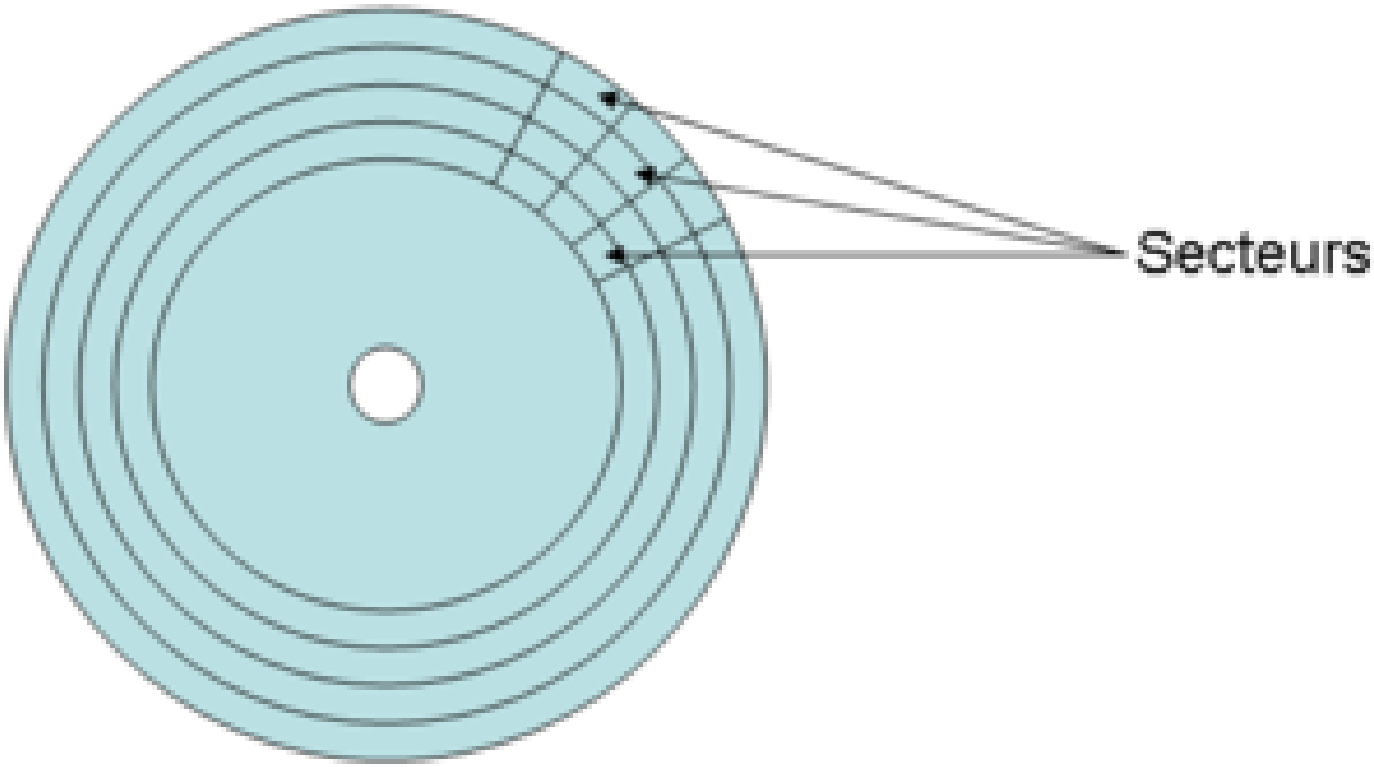
Mémoire dont le contenu n'est pas perdu après un arrêt du système informatique.

- Objetifs premiers :
  - Stocker les informations utiles au démarrage d'un système
  - Stocker des données Â« long terme Â»
  - Sauvegarder des données
- Type de supports physiques :
  - Disque dur, disques amovibles, ...
  - SSD : solid-state drive
  - Disquettes, Disques opto-magnétique, ...
  - bandes magnétiques, ...
  - EEPROM, FlashRam, Fe-RAM, M-RAM, .

Les disques magnétiques (Disques dur) I



Les disques magnétiques (Disques dur) II

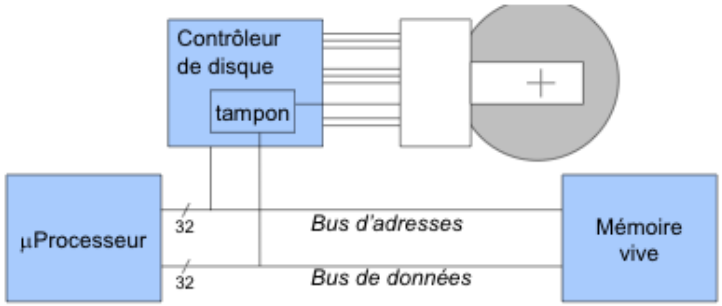


Les disques magnétiques (Disques dur) III

- plateaux, cylindres, secteurs
- 4000 t/mn à 10000 t/mn
- 512 à 16384 octets stocker sur chaque secteur
- 20 à 200 secteurs par cylindre
- 800 à 4000 cylindres (jusqu'à 12 ms de déplacement)
- 1 à 16 plateaux
- Adressage par interface ¡p,c,s¿
- Capacité standard en 2002 :
  - 40Go,
  - 7200 tours/minute,
  - Déplacement 7 ms,
  - Ultra DMA 100 Mhz =¿ de 20Mo/s à 40Mo/s

Accès aux disques

- Interface d'accès aux disques :
  - Controleur de disque IDE : interface normées ATA, ATA-2, ...
  - Controleur de disque SCSI / SCSI-2 ;



- Accès au données persistantes :
  - Accès direct au travers d'un tampon de lecture/écriture
  - DMA (U-DMA) pour copie des données dans/depuis la mémoire centrale

Exemple interface logicielles d'accès au disque I

```
void readSectors(
    int device, // num disques sur le controleur
    int head, // num du plateau
    int cylender, // num du cylindre de depart
    int sector, // num du secteur de depart
    int nsectors, // nb de secteurs a lire
    unsigned char *buffer);// adresse destination de lecture
void writeSectors(
    int device, // plusieurs disques sur un meme controleur
    int head, // num du plateau
    int cylender, // num du cylindre de depart
    int sector, // num du secteur de depart
    int nsectors, // nombre de secteurs a lire
```

Exemple interface logicielles d'accès au disque II

```
    unsigned char *buffer); // adresse des donnees a ecrire
void frSectors( int device, int p, int c, int s, int nsectors);
```

Exemple interface logicielles d'accès au disque III

Dans la pratique, l'interface d'accès au matériel ne saurait se résumer à un appel de fonction. On programme un controleur de disque via des registres matériels.

- En réalité : Virtualisation des accès
  - Simplifier/homogénéiser les systèmes d'adressage des disques :
    - $< numplateau, numcylindre, numsecteur >$ devient $\Rightarrow$ $< identifiantdevolume, numbloc >$
  - Multiplexer l'usage d'un disque unique en construisant plusieurs parties dédiées à des usages distincts (partitions ou volumes)
  - Gérer les systèmes d'amorce et les systèmes d'amorce multiples

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

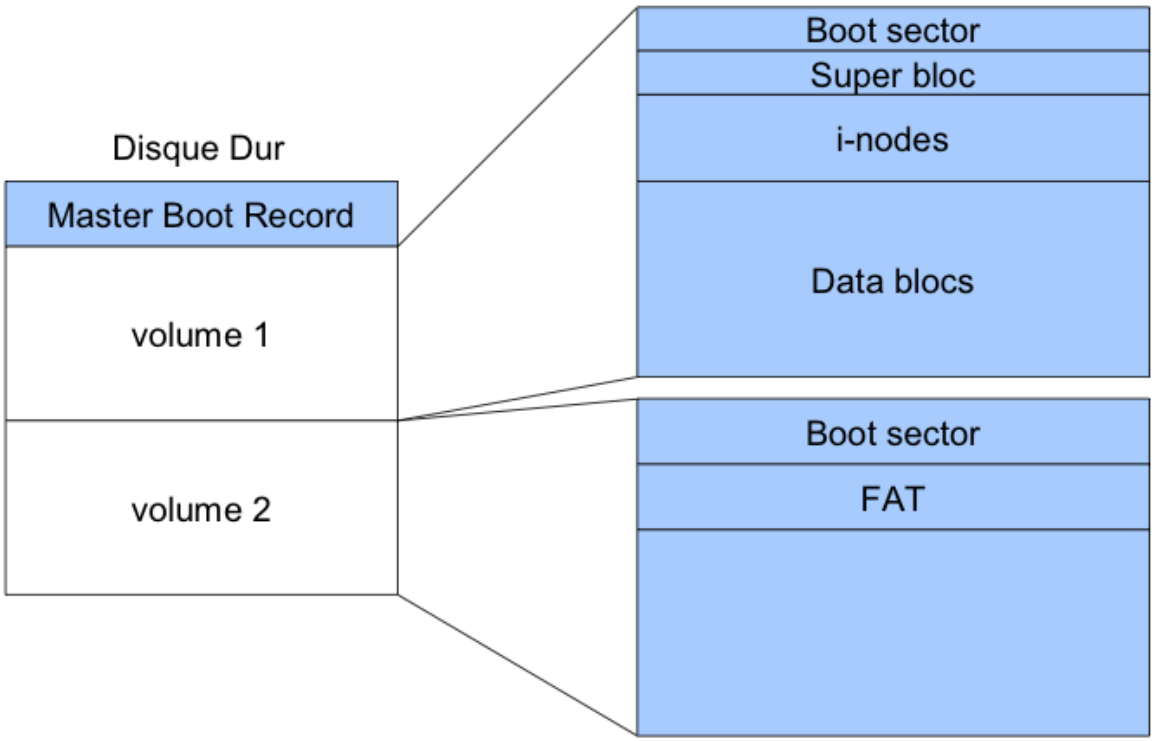
6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers
- Périphériques
- Virtualisation
- Elements d'implantation
- Méthodes d'Allocation

8 Processus

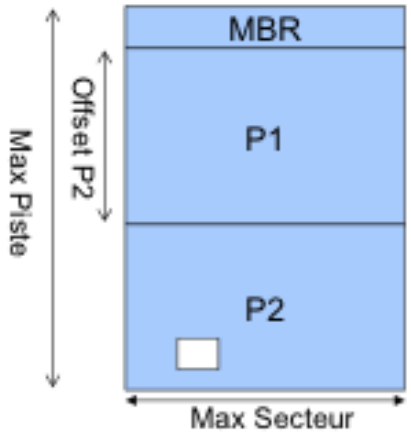
9 Bibliographie

Définir un découpage



Convertion

A un bloc correspond un secteur sur une piste du disque. Aussi les opérations de lecture/écriture sont équivalents. Cependant, le système doit convertir un numéro de bloc en num de secteur/num de piste.



- nBloc = Offset P2 + Secteur + Piste x Max Secteur

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers
- Périphériques
- Virtualisation
- Elements d'implantation
- Méthodes d'Allocation

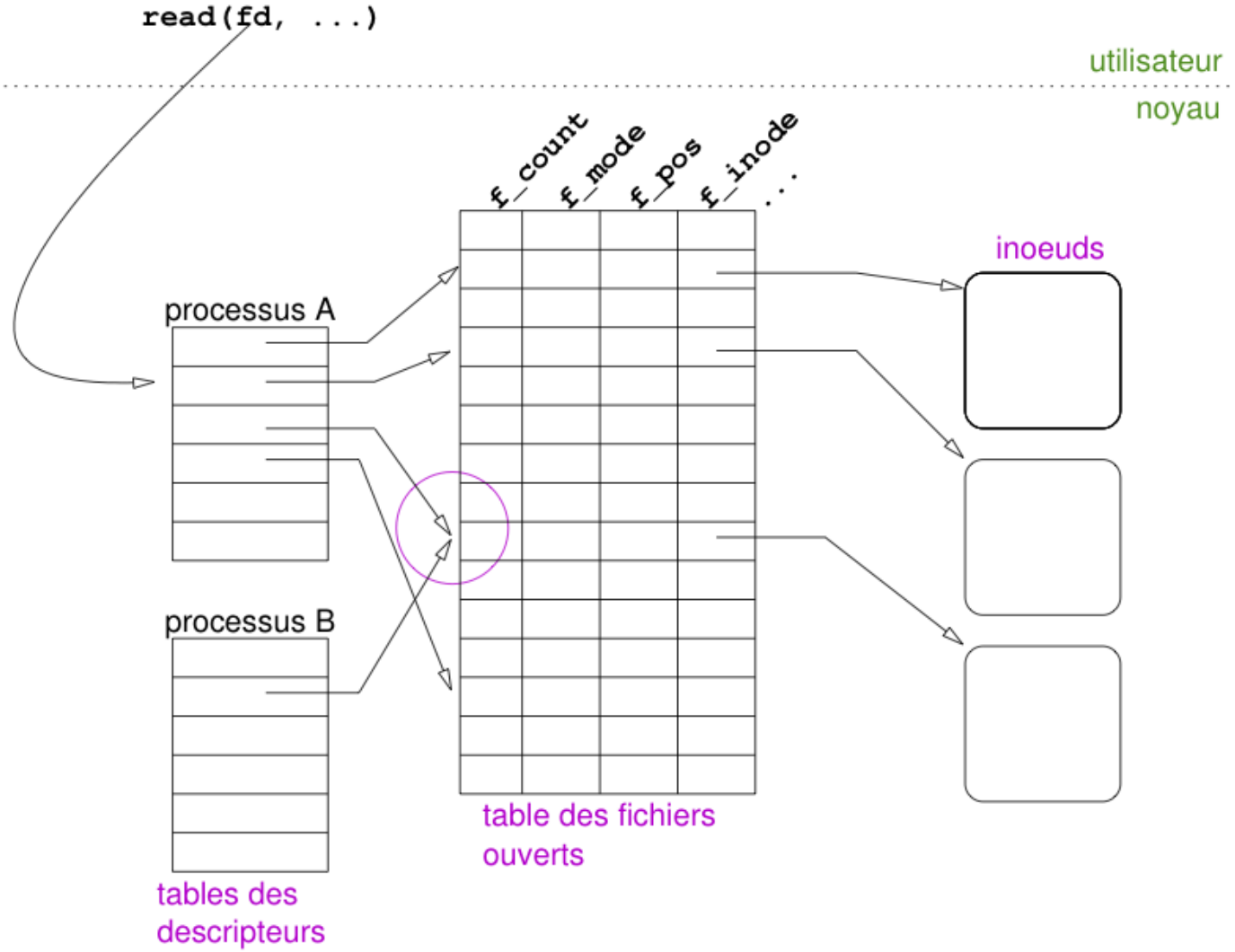
8 Processus

9 Bibliographie

Tables des descripteurs / table des fichiers ouverts I

- Descripteur de fichier
- index dans la table des descripteurs du processus
- une table des descripteurs par processus
- Table des fichiers ouverts
  - une table unique pour tous les processus
  - entrées partagées par tous les processus
  - f_count nombre de références
  - f_mode mode ouverture (lectue/écriture...)
  - f_pos position courante
  - f_inode inœud

Tables des descripteurs / table des fichiers ouverts II



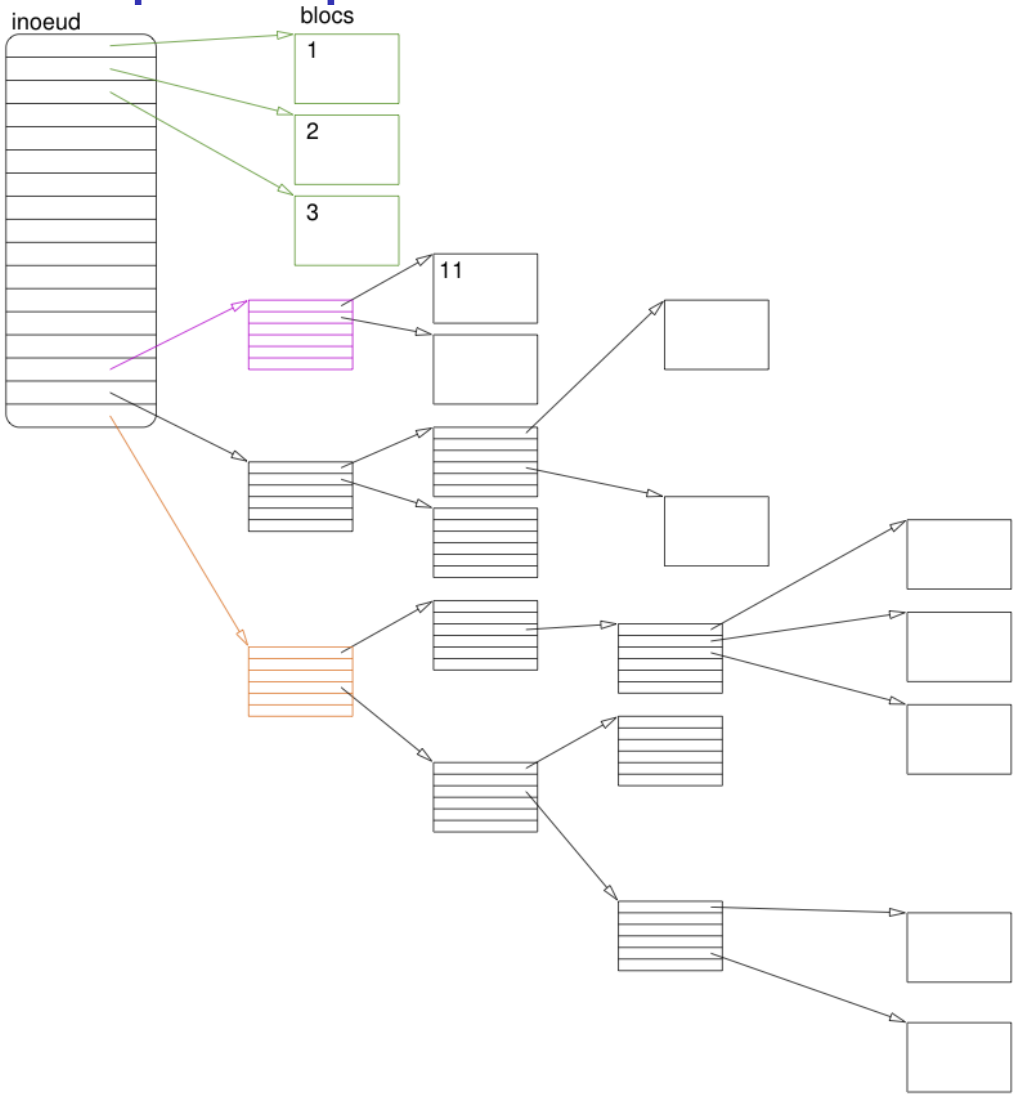
Structure de données inœud

- Inœud = données associées à un fichier
  - propriétaire, droits, date, taille fichier...
  - identification des blocs disques
- Inœud = informations pérennes
  - les inœuds sont stockés sur les disques !
  - copies en mémoire (cache)
- Organisation des données sur le disque
  - données regroupées en blocs
  - bloc $\approx$ secteur disque

Classique triple indirection I

- Identification des blocs de données d'un fichier
  - inœud contient une liste de numéros de blocs
  - fichiers de taille variable
- Numéros de blocs
  - numéros des 10 premiers blocs de données
  - numéro d'un bloc contenant les numéros des blocs suivants...
- Tout est bloc !
  - blocs de données
  - blocs d'indirection, de double/triple indirection...
  - blocs contenant les inœuds etc.

Classique triple indirection II



Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

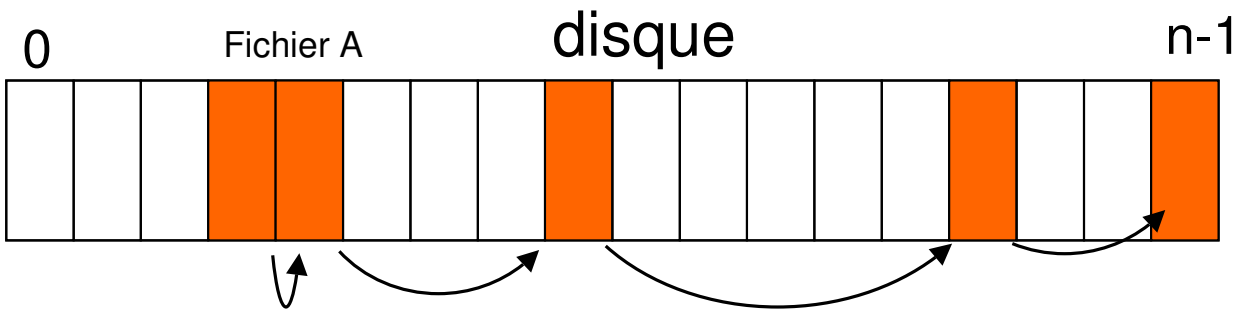
7 Système de fichiers
- Périphériques
- Virtualisation
- Elements d'implantation
- Méthodes d'Allocation

8 Processus

9 Bibliographie

Allocation chainée I

- Un fichier occupe une liste chainée de blocs sur le disque
- Chaque bloc contient une partie des données et un pointeur sur le bloc suivant

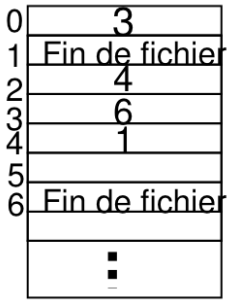


Allocation chainée II

- Avantages
  - Possibilité d'étendre un fichier
  - Allocation par bloc individuel : Tout bloc libre peut être utilisé pour satisfaire une requête d'allocations
- Inconvénients ? Solution non adaptée à l'accès direct
  - L'accès à un bloc quelconque nécessite l'accès à tous les blocs qui le précèdent
  - Les pointeurs sont stockés sur disque

Allocation chainée et indexée I

- Idée :Séparer les pointeurs et les données Technique
  - Utilisation d'une table d'allocation de fichier
    - (FAT : File Allocation Table)
  - A chaque bloc est associée une entrée dans la FAT qui contient le nÂ° du bloc suivant
    - Méthode Utilisée dans MS-DOS et OS/2

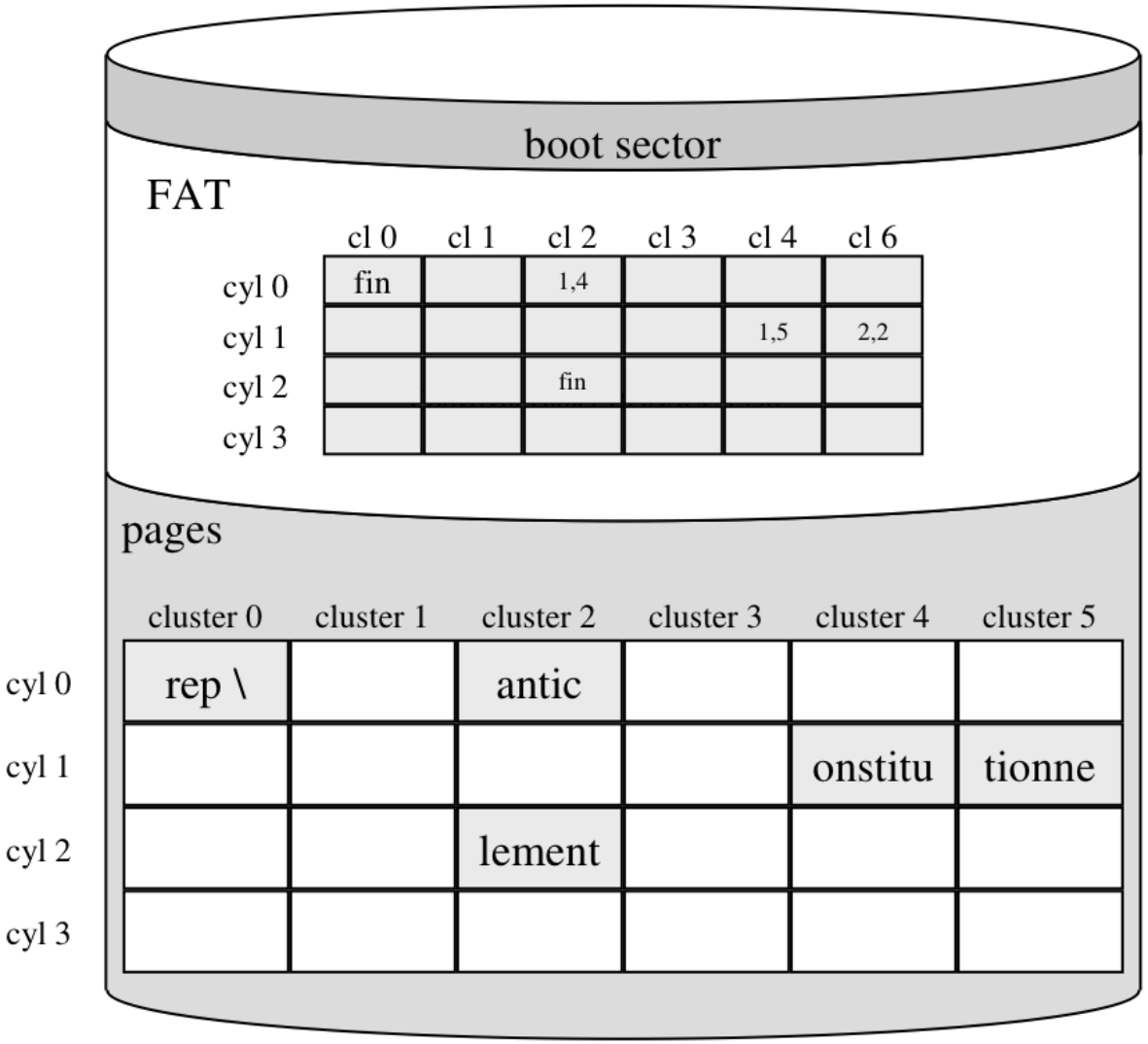


Fichiers	blocs occupés
A	0 3 6
B	2 4 1

Allocation chainée et indexée II

- Avantages
  - Extension des fichiers
  - les blocs de données ne contiennent pas les pointeurs
  - accès direct facile
    - utilise un mécanisme d'ombre pour protéger la FAT
- Inconvénients
  - Occupation de la mémoire centrale par la FAT
  - Problème des disques de grande capacité
  - Une table pour un disque de 1Go en blocs de 1Ko occuperait 4 Mo (+ 4Mo pour la FAT Â≪ ombre Â≫)

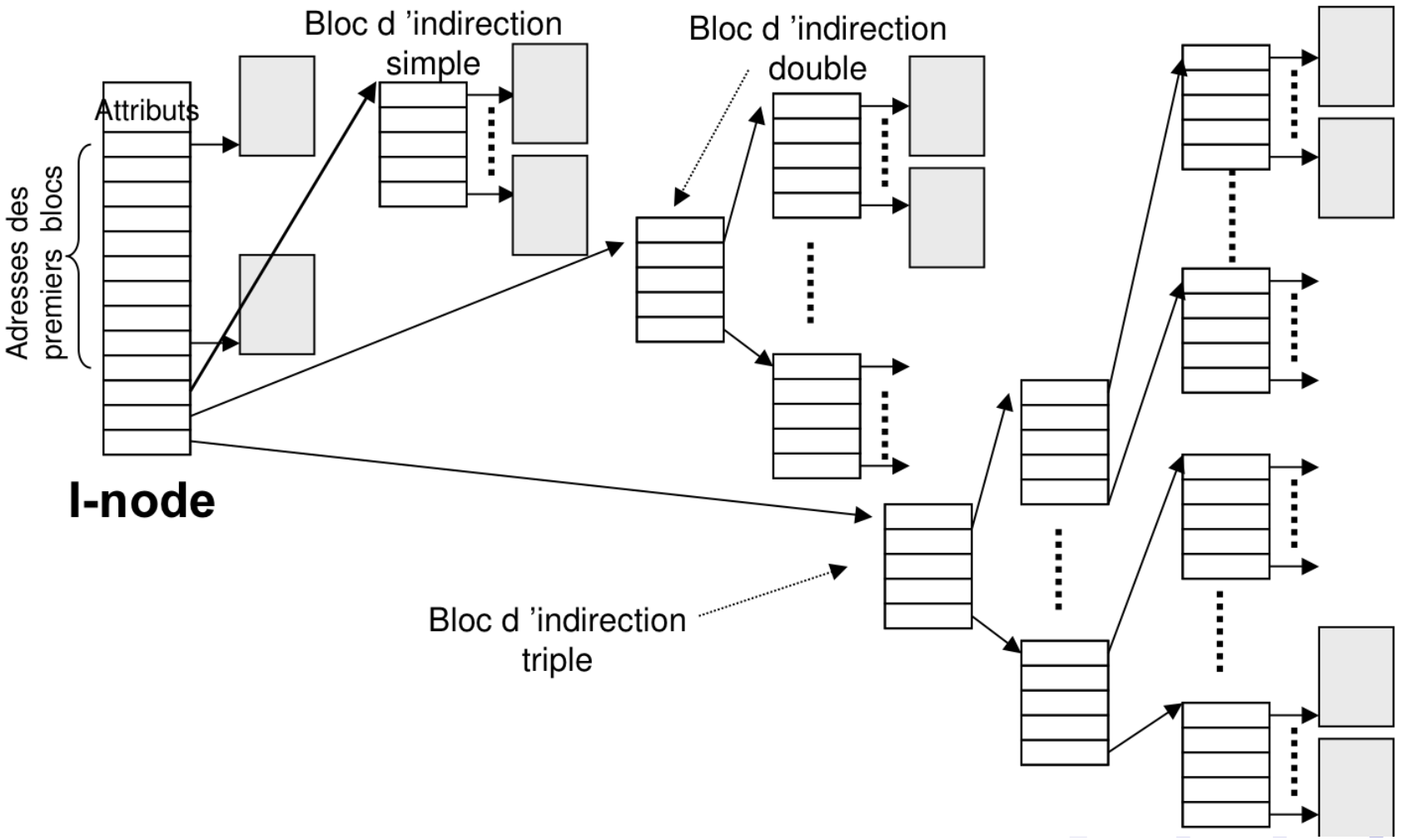
SGF FAT (MSDOS & Windows)



Allocation par nœud d'information

- Idée
  - Eclater la FAT en plusieurs petites tables appelées nœuds d'informations (i-node)
  - A chaque fichier est associé un nœud d' information
  - Chaque table contient les attributs et les adresses sur le disque des blocs du fichier
- Unix
  - La table est hiérarchisé sur Unix
  - FS System V
    - 10 direct, 1 simple indirection, 1double indirection, 1 triple indirection
  - BSD Fast FS / UFS
    - 12 direct, 1 simple indirection, 2 double indirection

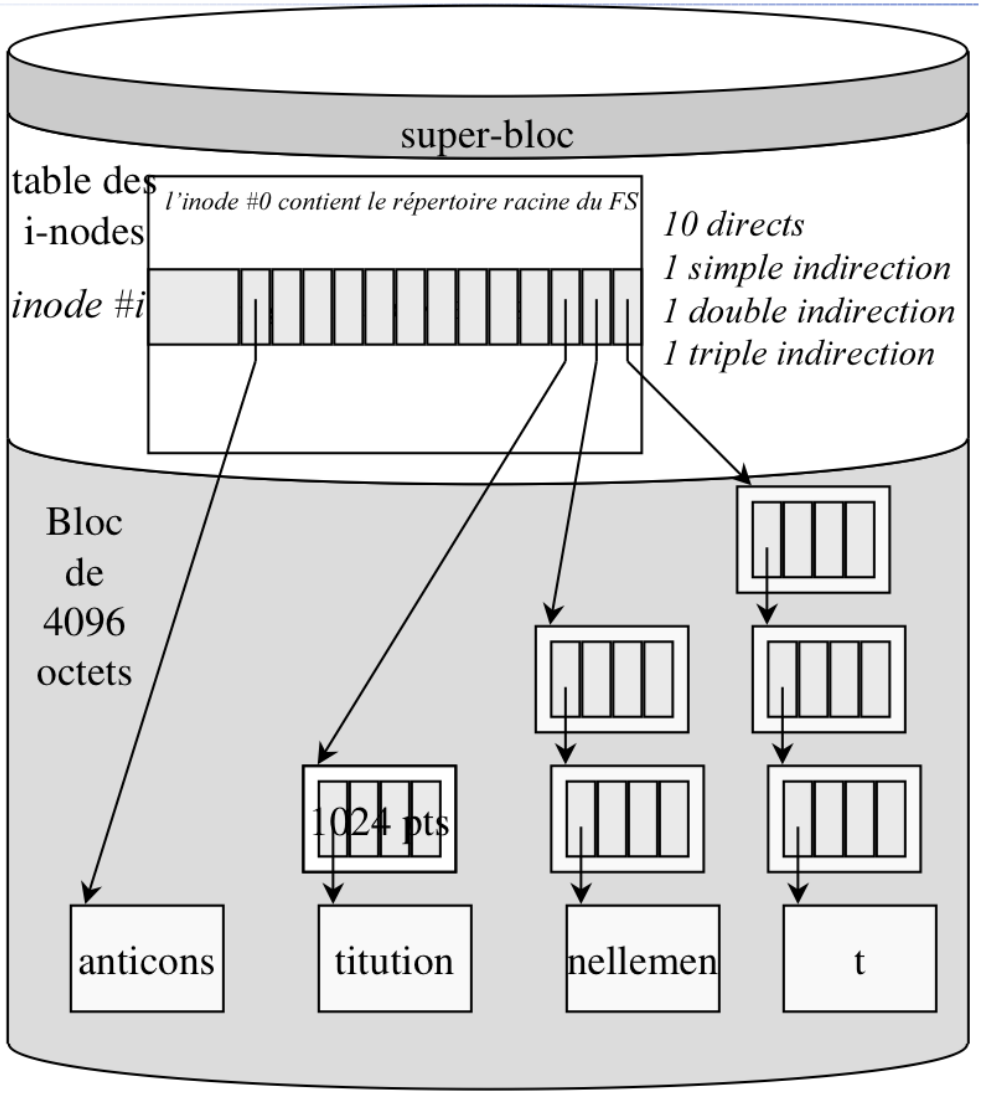
Structure d'un nœud d'information (FS SYSV)



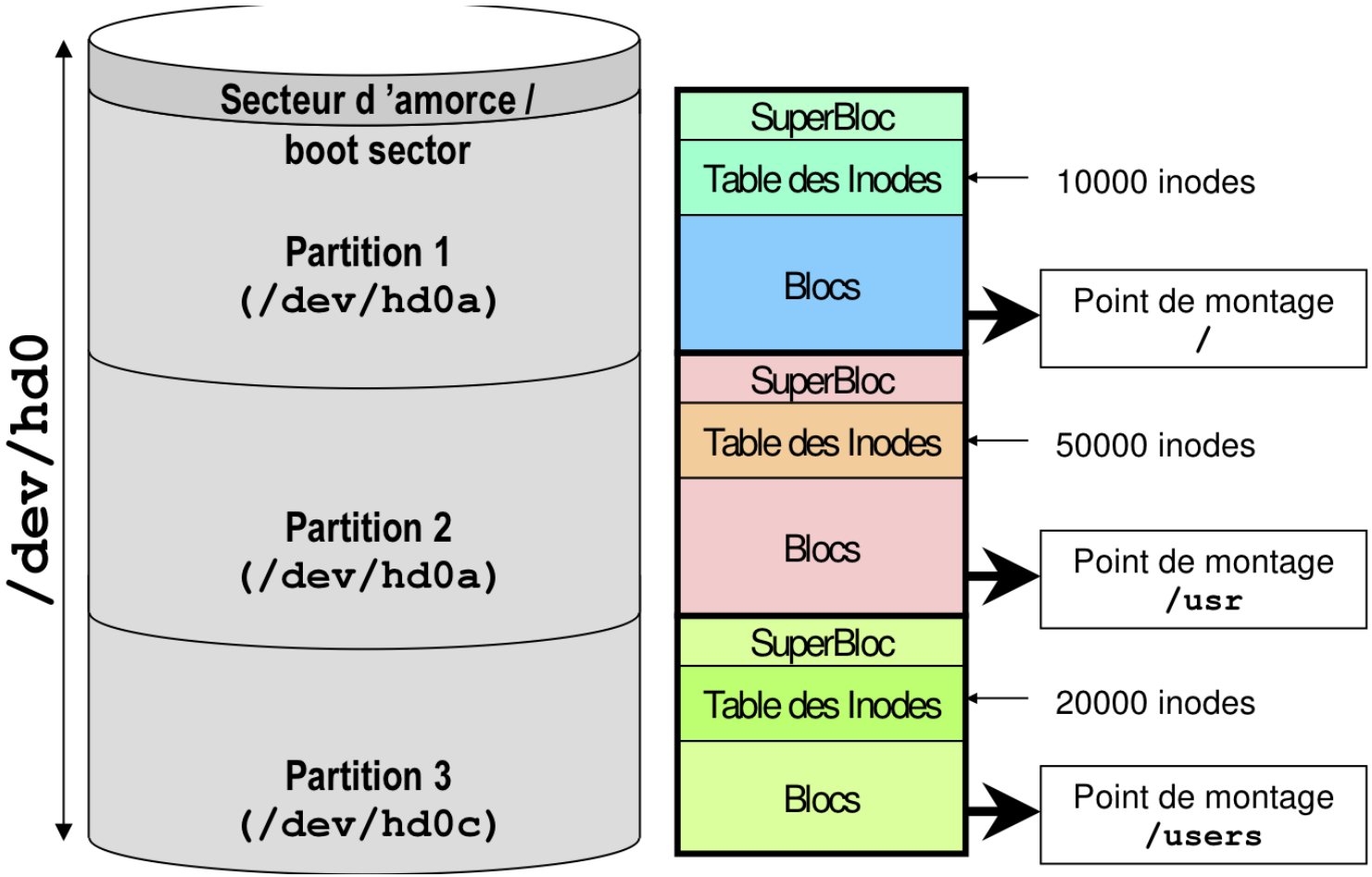
Allocation par nœud d'information

- Seuls les nœuds d'information des fichiers ouverts sont chargés en mémoire centrale
- Allocation par bloc individuel
- Accès direct facile
  - nécessite au maximum 4 accès disque
  - Adaptée aux disques de très grande capacité

le Système de Fichier d'Unix System V



Partitonnement système



Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus
- Introduction
- Etats d'un processus
- Hiérarchie des processus
- Attributs d'un processus
- Création de processus
- Terminaison de processus
- Processus orphelins & zombis
- Mutation de processus
- Redirections des entrées/sorties
- Ordonnancement

9 Bibliographie

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus
- Introduction
- Etats d'un processus
- Hiérarchie des processus
- Attributs d'un processus
- Création de processus
- Terminaison de processus
- Processus orphelins & zombis
- Mutation de processus
- Redirections des entrées/sorties
- Ordonnancement

9 Bibliographie

Processeur/Processus

- Programme, processus... processeur
  - entité matérielle
  - désigne l'utilisation du processeur
- Affectation du processeur à un processus
  - pour un temps donné
  - permet de faire progresser le processus
- Choix de cette affectation = ordonnancement
  - système multiprocessus
  - choix à la charge du système d'exploitation (...à suivre)
- P..., p..., p..., parallélisme, pseudo-parallélisme
  - plusieurs processus, un processeur
  - entrelacement des processus

$\Rightarrow$ **ordonnancement**

Processus = abstraction !

- Processus = exécution abstraite d'un programme
  - indépendante de l'avancement réel de l'exécution
- Exécution d'un programme = réunion des instants d'exécution réelle du programme
  - dépend de la disponibilité du processeur
- Processus = abstraction
  - désigne une entité identifiable
  - par exemple : priorité d'un processus
  - parallélisme, simultanéité, interaction... de deux processus
- Compétition (race condition)
  - résultats de deux processus dépend de cet entrelacement
  - par exemple à cause d'accès partagés à un ficher...
  - à éviter

Processus & ressources

- Processus = exécution d'un programme
  - requiert des ressources
- Ressource
  - entité nécessaire à l'exécution d'un processus
  - ressources matérielles : processeur, périphérique...
  - ressources logicielles : variable...
- Caractéristiques d'une ressource
  - état : libre, occupée
  - nombre de possibles utilisations concurrentes
  - (ressource à accès multiples)
- Ressources indispensables à un processus
  - mémoire propre (mémoire virtuelle)
  - contexte d'exécution (état instantané du processus)
    - pile (en mémoire)
    - registres du processeur

Gérer des processus en POSIX

Gestion POSIX des processus :

- Création, terminaison, chargement, recouvrement
- Processus :
  - espace d'adressage (modifiable au cours de l'exécution)
  - activité
  - état système (signaux, entrées/sorties, état, ...)

Deux modes :

- utilisateur (user mode)
- système (kernel mode)

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

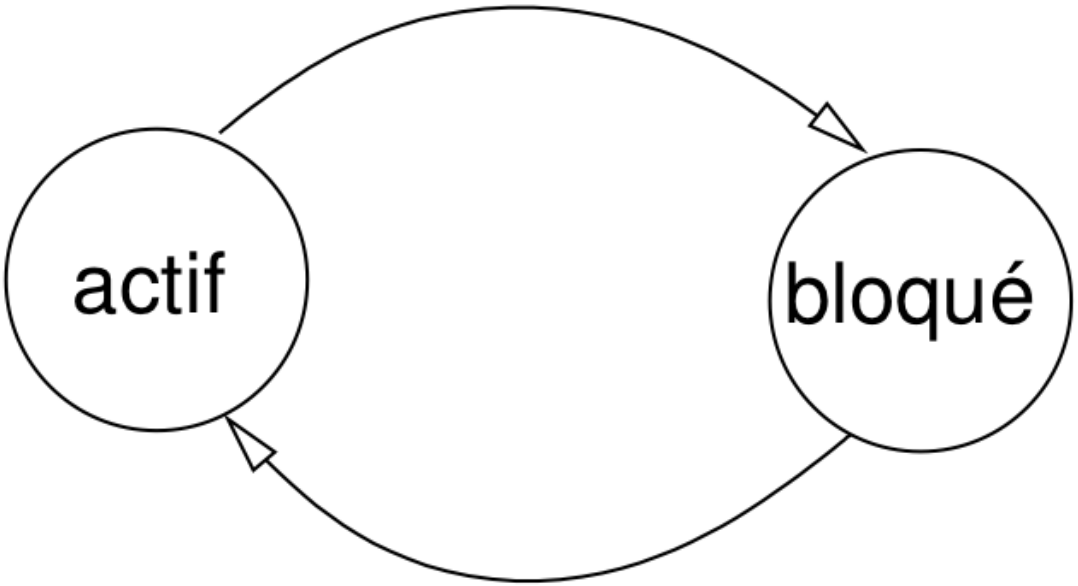
7 Système de fichiers

8 Processus
- Introduction
- Etats d'un processus
- Hiérarchie des processus
- Attributs d'un processus
- Création de processus
- Terminaison de processus
- Processus orphelins & zombis
- Mutation de processus
- Redirections des entrées/sorties
- Ordonnancement

9 Bibliographie

Etats logiques

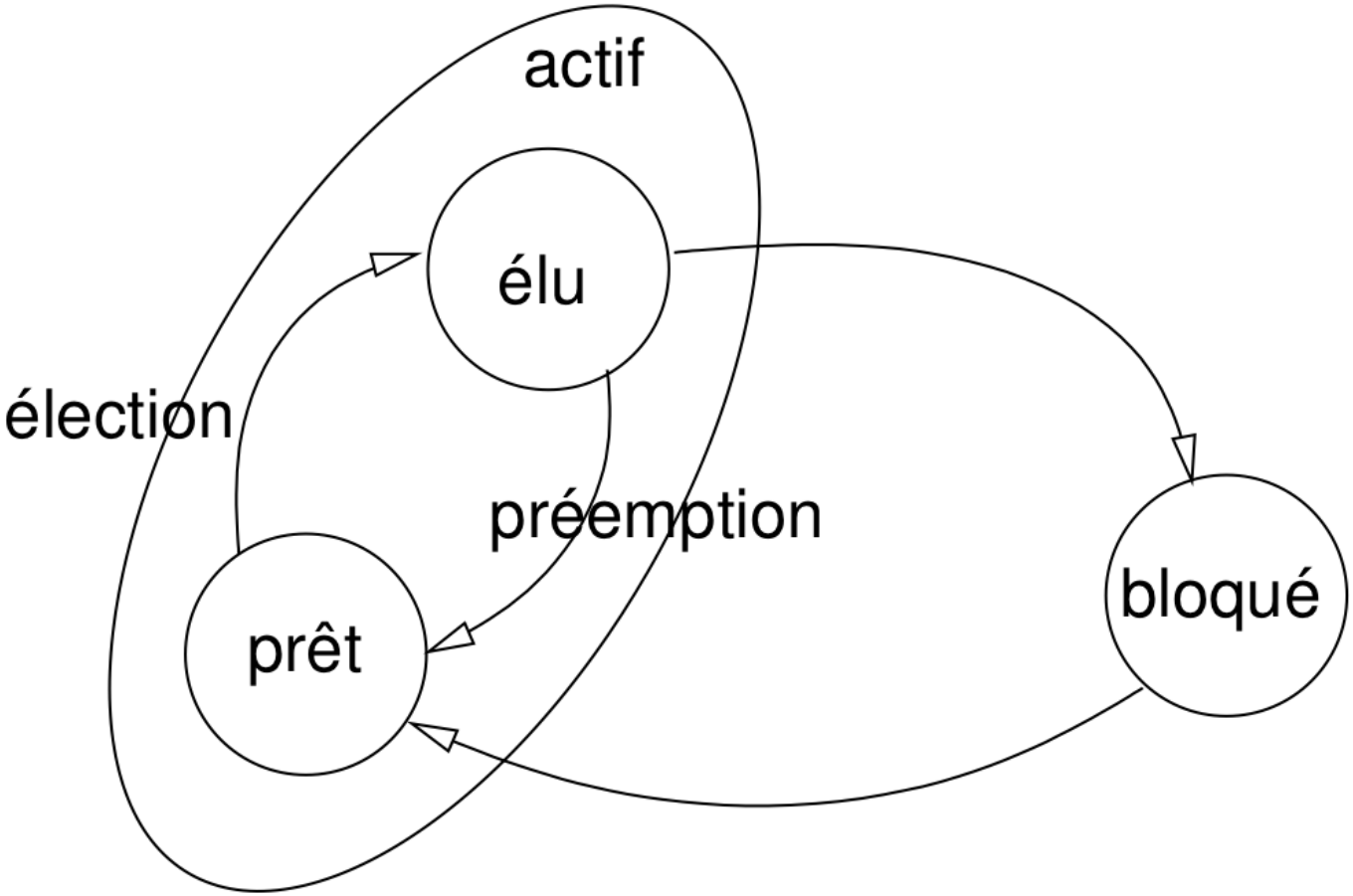
- 2 états possibles :
  - **Actif** : le processus s'exécute (ou est prêt à s'exécuter)
  - **Bloqué** : le processus ne peut pas continuer à s'exécuter
    - Indisponibilité d'une ressource, Verrou, Sémaphore, ...



Etats effectifs I

- Un processeur est une ressource
  - un seul processus peut s'exécuter, à la fois, sur un processeur (core)
  - les autres processus sont en attente
- Lorsque le processus est actif, il peut être dans 2 états :
  - **Elu/actif** :
    - le processus s'exécute sur le processeur
    - il s'agit du processus élu par le processeur pour être exécuté
  - **Prêt** :
    - le processus est prêt a être exécuté
    - pas de blocage au niveau des ressources
    - mais il n'a pas été élu par l'ordonnanceur

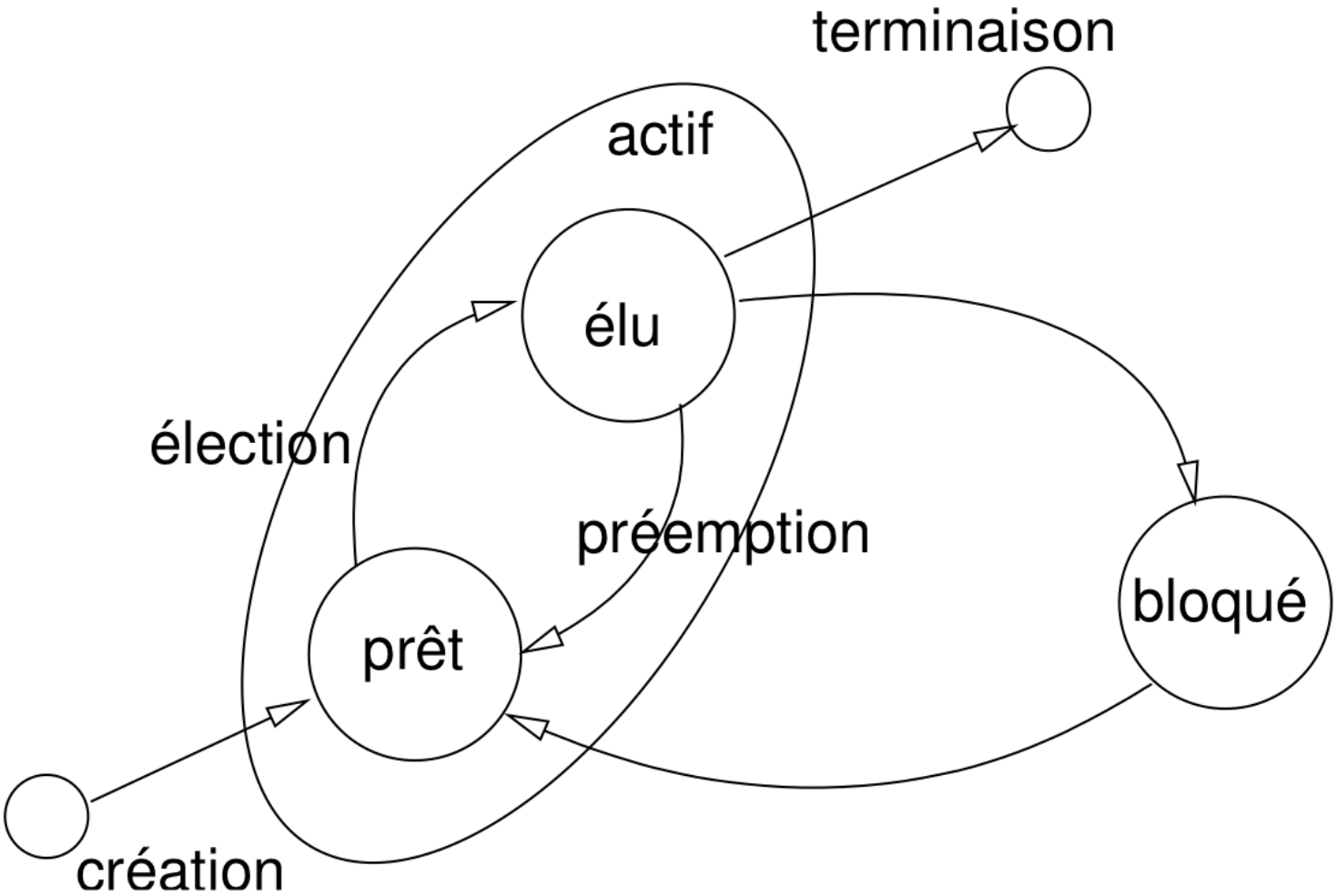
Etats effectifs II



Vie d'un processus I

- Création d'un processus :
  - Un processus est toujours créé par un processus père
  - il passe alors dans l'état prêt
  - Mais il peut être élu immédiatement par l'ordonnanceur et passer dans l'état actif
- Terminaison d'un processus
  - Un processus élu peut se terminer

Vie d'un processus II



Activité d'un processus I

Au niveau processeur

- Une activité possède un contexte d'exécution = valeurs d'un certain nombre de registres.
- Lorsqu'une activité est élue, le système sauvegarde le contexte de l'activité qui perd le processeur et restaure celui de l'activité élue.

L'activité d'un processus présente différents états :

- **prêt** : le processus attend que l'ordonnanceur lui attribue le processeur.
  - prêt $\rightarrow$ actif : le processus est élu par l'ordonnanceur
- **élu/actif** (user ou kernel) : le processus s'exécute en mode user ou kernel.

Activité d'un processus II

- actif kernel $\rightarrow$ actif utilisateur : le processus revient d'un appel système
- actif user $\rightarrow$ actif kernel : le processus réalise un appel système ou une interruption est survenue
- actif kernel $\rightarrow$ endormi : attente d'un événement interne au système (libération de ressource ou terminaison d'un processus par exemple).
- actif kernel $\rightarrow$ zombi : le processus se termine

Activité d'un processus III

- **endormi** : le processus attend un événement pour passer dans l'état prêt.
  - endormi $\rightarrow$ prêt : l'événement attendu s'est produit
  - endormi $\rightarrow$ suspendu : signal (par exemple SIGSTOP ou SIGTSTP)
  - endormi $\rightarrow$ prêt : signal (par exemple SIGCONT)
- **suspendu** : le processus a reÃ§u un signal d'arrêt (SIGSTOP) et attend un signal (SIGCONT) pour passer dans l'état prêt.
- **zombi** : le processus est terminé mais son père n'a pas pris connaissance de sa terminaison.

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus
- Introduction
- Etats d'un processus
- Hiérarchie des processus
- Attributs d'un processus
- Création de processus
- Terminaison de processus
- Processus orphelins & zombis
- Mutation de processus
- Redirections des entrées/sorties
- Ordonnancement

9 Bibliographie

Hiérarchie des processus

- Création d'un processus par un processus père
  - hiérarchie processus ancêtre init

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus
- Introduction
- Etats d'un processus
- Hiérarchie des processus
- Attributs d'un processus
- Création de processus
- Terminaison de processus
- Processus orphelins & zombis
- Mutation de processus
- Redirections des entrées/sorties
- Ordonnancement

9 Bibliographie

Attributs d'un processus

- Identification univoque
  - process ID
  - numéro entier pid_t
  - numéro du processus père
- Propriétaire
  - propriétaire réel
  - utilisateur qui a lancé le processus, son groupe
- Propriétaire effectif, et son groupe
  - détermine les droits du processus
  - peut être modifié / propriétaire réel

Attributs d'un processus

#include <unistd.h>

Connaitre son PID et celui du père :

pid_t getpid(**void**);
pid_t getppid(**void**);

Connaitre le propriétaire réel/effectif :

uid_t getuid(**void**);
uid_t geteuid(**void**);

Modifier son propriétaire :

int setuid(uid_t uid);

Attributs d'un processus

Connaître le groupe réel :

gid_t getgid(**void**);
gid_t getegid(**void**);

Modifier son groupe effectif :

int setgid(gid_t gid);

Attributs d'un processus (autres) I

- Répertoire de travail
  - origine de l'interprétation des chemins relatifs

    #include <unistd.h>
    char *getcwd(**char** *buffer, size_t bufsize);

  - retourne NULL en cas d'échec peut être changé

    #include <unistd.h>
    int chdir(**const char** path);

- Date de création du processus
  - en secondes depuis l'epoch, 1er janvier 1970
- Temps CPU consommés
  - par le processus / par ses processus fils terminés
  - en mode utilisateur / en mode noyau
  - structure structtms

Attributs d'un processus (autres) II

- Temps CPU consommés

```
#include <sys/times.h>
clock_t times(struct tms *buffer);
```

- retourne le temps en tics horloge depuis un temps fixe dans le passé (démarrage du système par exemple)
- retourne 4 champs dans la structure structtms

```
struct tms {
    clock_t tms_utime; /* User CPU time. */
    clock_t tms_stime; /* System CPU time. */
    clock_t tms_cutime; /* User CPU time of terminated
        child processes. */
    clock_t tms_cstime; /* System CPU time of terminated
        child processes. */
```

Attributs d'un processus (autres) III

- tics horloge survenus alors que le processus était actif
- conversion en secondes par division par la constante de configuration _SC_CLK_TCK

Attributs d'un processus (autres) IV

Changer le répertoire de travail d'un processus :

int chdir(**const char** *reference);
char *getcwd(**char** *referenceAbsolue, size_t taille);

Temps CPU :

#include <unistd.h>
clock_t times(**struct** tms *tempsCPU);

Umask de création des fichiers :

mode_t umask(mode_t masque);

Table des descripteurs : créée/copiée du père.

Temps CPU

```
static struct tms st_cpu;
static struct tms en_cpu;
static clock_t st_time;
static clock_t en_time;

static float tics_to_seconds(clock_t tics) {
    return tics/(float)sysconf(_SC_CLK_TCK);
}

void start_clock() {
    st_time = times(&st_cpu);
}
void end_clock() {
    en_time = times(&en_cpu);
    printf("Real Time: %.2f, User Time %.2f, System Time %.2f\
```

Ressources système

Changer la priorité :

int nice(**int** incr);

Valeurs limites d'utilisation du CPU :

int getrlimit(**int** ressource, **struct** rlimit *rlim);
int setrlimit(**int** ressource, **const struct** rlimit *rlim);

Permet de modifier : RLIMIT_CPU, RLIMIT_DATA, ...

procfs dans Linux

Répertoire /proc/XXX oÃ¹ XXX=numéro du processus
Informations :

- cmdline : commande exécutée
- cpu : temps cpu consommé
- cwd : répertoire de travail
- environ : enviornnement du processus
- exe : binaire exécuté
- fd : liste des descripteurs
- maps : régions mémoire du processus
- mem : manipulation de la mémoire
- stat, status : statut du processus

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus
- Introduction
- Etats d'un processus
- Hiérarchie des processus
- Attributs d'un processus
- Création de processus
- Terminaison de processus
- Processus orphelins & zombis
- Mutation de processus
- Redirections des entrées/sorties
- Ordonnancement

9 Bibliographie

Lancement d'un programme

- Lancement d'un programme réalisé en deux étapes
  - création d'un nouveau processus par clonage de son père
    - copie du processus père
    - sauf l'identité, pid
  - mutation pour exécuter un nouveau programme
- Seul mécanisme possible
- Clonage
  - appel système fork()
- Mutation
  - appel système execve()
  - famille de fonctions de bibliothèque exec*()

Création de processus I

Création d'un processus :

#include <unistd.h>
pid_t fork(**void**);

- duplique le processus courant
- Copie exacte (espace d'adressage, table des descripteurs, ...)
- Non copié : pid, temps cpu, signaux, priorité, verrous
- retourne :
  - retourne le pid du processus fils créé dans le processus père
  - retourne 0 dans le processus fils
  - retourne -1 en cas d'erreur

Création de processus II

Attention : la table des fichiers ouverts n'est pas "dupliquée" !

- Position courante "commune"
- Solution : réouvrir le fichier ou verrous

Clonage de processus I

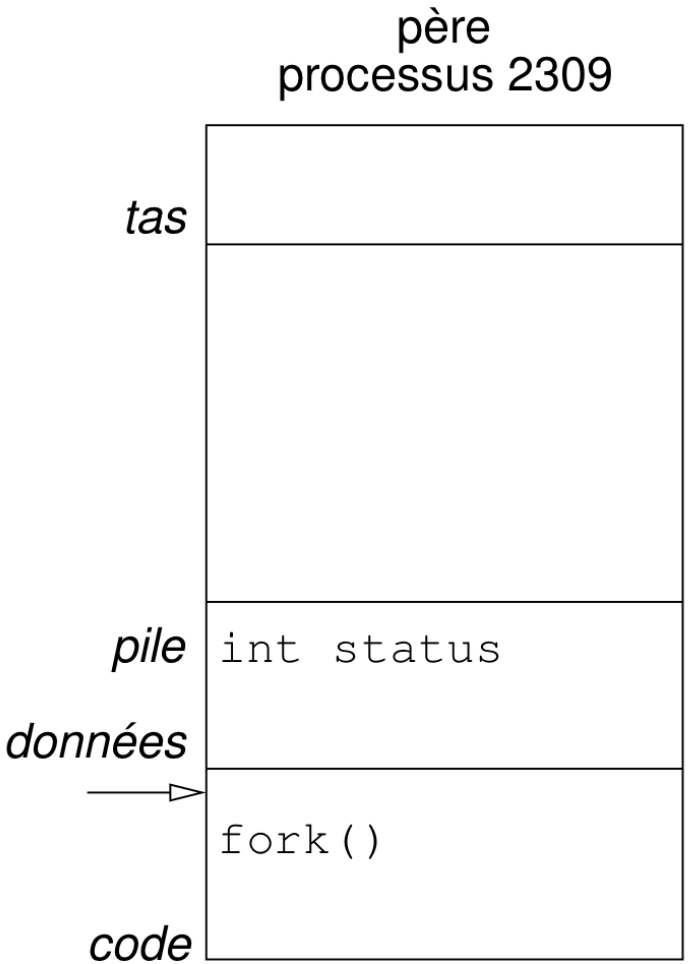
Clonage de processus II

```
int main() {
    pid_t status;
    printf("[%d] Je vais engendrer\n", getpid());
    status = fork();
    switch (status) {
        case –1 :
            perror("Creation processus");
            exit(EXIT_FAILURE);
        case 0 :
            printf("[%d] Je viens de naitre\n", getpid());
            printf("[%d] Mon pere est %d\n", getpid(), getppid());
            break;
        default:
            printf("[%d] J'ai engendre\n", getpid());
```

Clonage de processus III

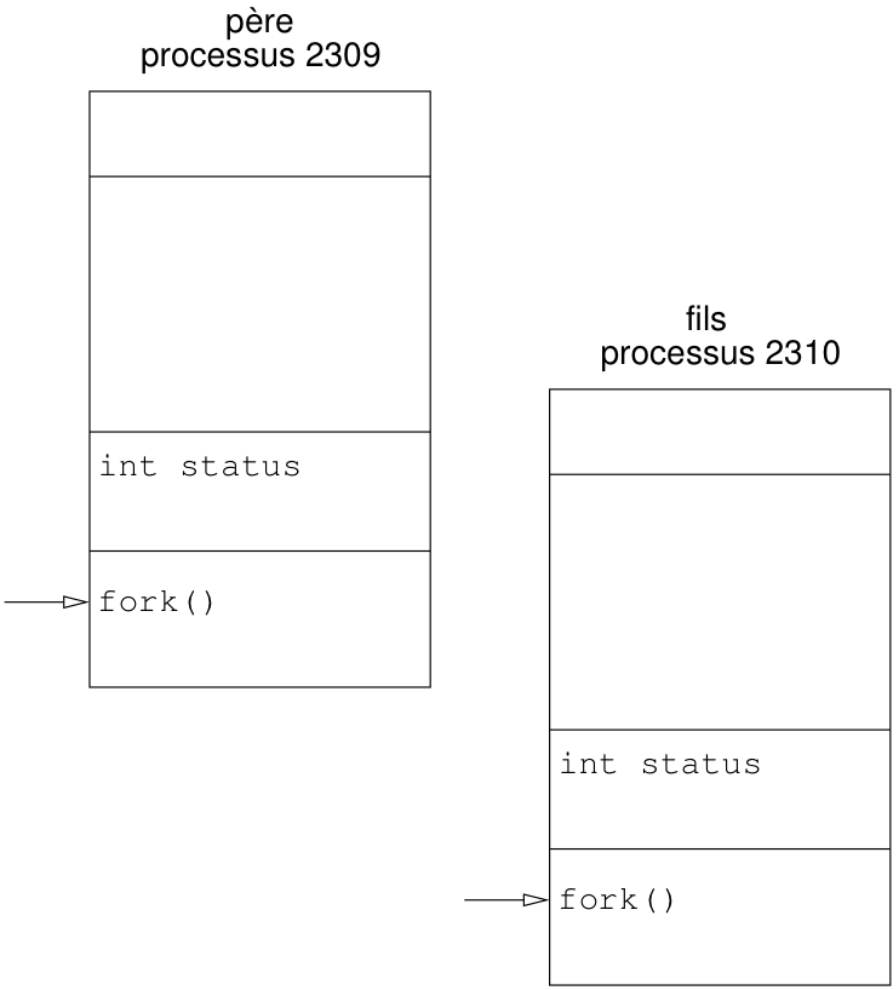
```
            printf("[%d] Mon fils est %d\n", getpid(), status);
        }
        printf("[%d] Je termine\n", getpid());
        exit(EXIT_SUCCESS);
    }
```

Clonage de processus IV



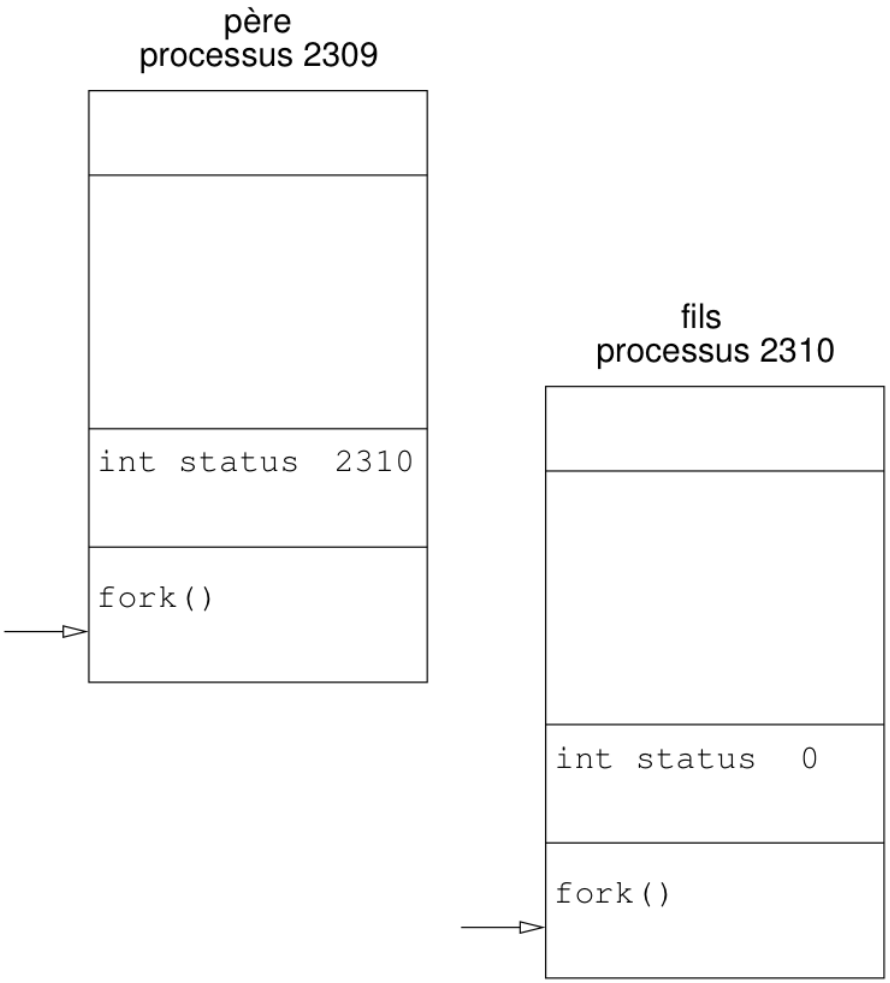

```
% ./fork
[2309] Je vais engendrer
[2310] Je viens de naitre
[2310] Mon pere est 2309
[2310] Je termine
[2309] J'ai engendre
[2309] Mon fils est 2310
[2309] Je termine
```

Clonage de processus V




```
% ./fork
[2309] Je vais engendrer
[2310] Je viens de naitre
[2310] Mon pere est 2309
[2310] Je termine
[2309] J'ai engendre
[2309] Mon fils est 2310
[2309] Je termine
```

Clonage de processus VI




```
% ./fork
[2309] Je vais engendrer
[2310] Je viens de naitre
[2310] Mon pere est 2309
[2310] Je termine
[2309] J'ai engendre
[2309] Mon fils est 2310
[2309] Je termine
```

Héritage père/fils I

- Mémoire du processus fils = copie de la mémoire du processus père
- Copie de références = partage
  - la mémoire du père est copiée pour créer
  - la mémoire du fils la mémoire du processus référence des structures systèmes
  - des structures systèmes restent partagées entre père et fils
- Conséquences de la copie de la mémoire
  - tampons d'écriture de la bibliothèque standard d'entrées/sorties dupliqués
  - vider ce tampon avant fork() (par un appel à fflush())
  - problème des tampons de lecture
- Conséquences du partage de structures systèmes
  - descripteurs de fichiers dupliqués

Héritage père/fils II

- mais entrées dans la table des fichiers ouverts partagées (f_pos...)
- Attributs non copiés
  - explicitement gérés par le système
  - numéro de processus !
  - numéro de processus du père ! !
  - temps d'exécution remis à zéro
  - verrous sur les fichiers détenus par le père
  - signaux (...à suivre)

Héritage père/fils III

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    int fd;
    char buf[10];
    fd = open(argv[1], O_RDWR);
    assert(fd != -1);
    read(fd, buf, 2);
    switch (fork()) {
        case -1 :
            perror("Creation processus");
            exit(EXIT_FAILURE);
        case 0 :
            write(fd, "foo", 3);
            sleep(2);
```

Héritage père/fils IV

```
            read(fd, buf, 3);
            buf[3]='\0';
            printf("[%d] fils a lu '%s'\n", getpid(), buf); break;
        default:
            write(fd, "bar", 3);
            sleep(1);
            read(fd, buf, 3); buf[3]='\0';
            printf("[%d] pere a lu '%s'\n", getpid(), buf);
    }
    close(fd);
    exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

Héritage père/fils V

```
% echo _123456789_12345_ > xampl
% ./fdshare xampl
[3101] pere a lu '89_'
[3102] fils a lu '123'
% cat xampl _1
barfoo89_12345_
```

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus
- Introduction
- Etats d'un processus
- Hiérarchie des processus
- Attributs d'un processus
- Création de processus
- Terminaison de processus
- Processus orphelins & zombis
- Mutation de processus
- Redirections des entrées/sorties
- Ordonnancement

9 Bibliographie

Terminaison des fils

- Processus termine
  - appel _exit()
  - appel exit() : ferme les fichiers ouverts
  - positionne une valeur de retour
  - succès ⇒ exit(0)
- Processus père peut consulter cette valeur de retour
  - indication de la terminaison du fils : succès ou échec...
- Attente de la terminaison d'un fils

```
#include <sys/wait.h>
pid_t wait(int *pstatus);
```

  - retourne le PID du fils
  - -1 en cas d'erreur (n'a pas de fils...)
  - bloquant si aucun fils n'a terminé *pstatus renseigne sur la terminaison du fils

Terminaison des fils

- Renseignements concernant la terminaison d'un fils
  - rangées dans l'entier status pointé par pstatus
  - raison de la terminaison

macro	signification
WIFEXITED(status)	le processus a fait un exit()
WIFSIGNALED(status)	le processus a reÃ§u un signal (...à suivre)
WIFSTOPPED(status)	le processus a été stoppé (...a ? suivre)

- valeur de retour
  - si WIFEXITED(status) !
  - 8 bits de poids faible seulement
  - accessible par la macro WEXITSTATUS(status)
- numéro de signal ayant provoqué la terminaison / l'arrêt
  - si WIFSIGNALED(status)/ WIFSTOPPED(status) !
  - accessible par la macro WTERMSIG(status)/ WSTOPSIG(status)

Terminaison des fils I

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    int status;
    pid_t pid, pidz;
    switch (pid = fork()) {
        case -1 :
            perror("Creation processus");
            exit(EXIT_FAILURE);
        case 0 :
            printf("[%d] fils eclair\n", getpid());
            exit(2);
            break;
        default:
```

Terminaison des fils II

```
            printf("[%d] pere a cree %d\n", getpid(), pid);
            pidz = wait(&status);
            if (WIFEXITED(status))
                printf("[%d] mon fils %d a termine normlement,\n"
                        "[%d] code de retour: %d\n",
                        getpid(), pidz,
                        getpid(), WEXITSTATUS(status));
            else
                printf("[%d] mon fils a termine anormlement\n",
                    getpid());
    }
    exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

Terminaison des fils III

```
% ./waitexit
[3774] pere a cree 3775
[3775] fils eclair
[3774] mon fils 3775 a termine normlement,
[3774] code de retour: 2
```

Terminaison des fils

- Attente d'un fils désigné
  - primitive

#include <sys/wait.h>
pid_t waitpid(pid_t pid, **int** *pstatus, **int** options);

  - pid désigne le fils à attendre
  - pid à 0 = fils quelconque
  - options combinaison binaire
    - WNOHANG appel non bloquant
    - WUNTRACED processus stoppe

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus
- Introduction
- Etats d'un processus
- Hiérarchie des processus
- Attributs d'un processus
- Création de processus
- Terminaison de processus
- Processus orphelins & zombis
- Mutation de processus
- Redirections des entrées/sorties
- Ordonnancement

9 Bibliographie

Processus orphelins I

- Terminaison d'un processus parent ne termine pas ses processus fils
  - les processus fils sont orphelins
- Processus initial init (PID 1) récupère les processus orphelins

Processus orphelins II

```
int main() {
    pid_t status;
    printf("[%d] Je vais engendrer\n", getpid());
    status = fork();
    switch (status) {
        case -1 :
            perror("Creation processus");
            exit(EXIT_FAILURE);
        case 0 :
            printf("[%d] Je viens de naitre\n", getpid());
            printf("[%d] Mon pere est %d\n", getpid(), getppid());
            break;
        default:
            printf("[%d] J'ai engendre\n", getpid());
```

Processus orphelins III

```
            printf("[%d] Mon fils est %d\n", getpid(), status);
        }
        printf("[%d] Je termine\n", getpid());
        exit(EXIT_SUCCESS);
    }
```

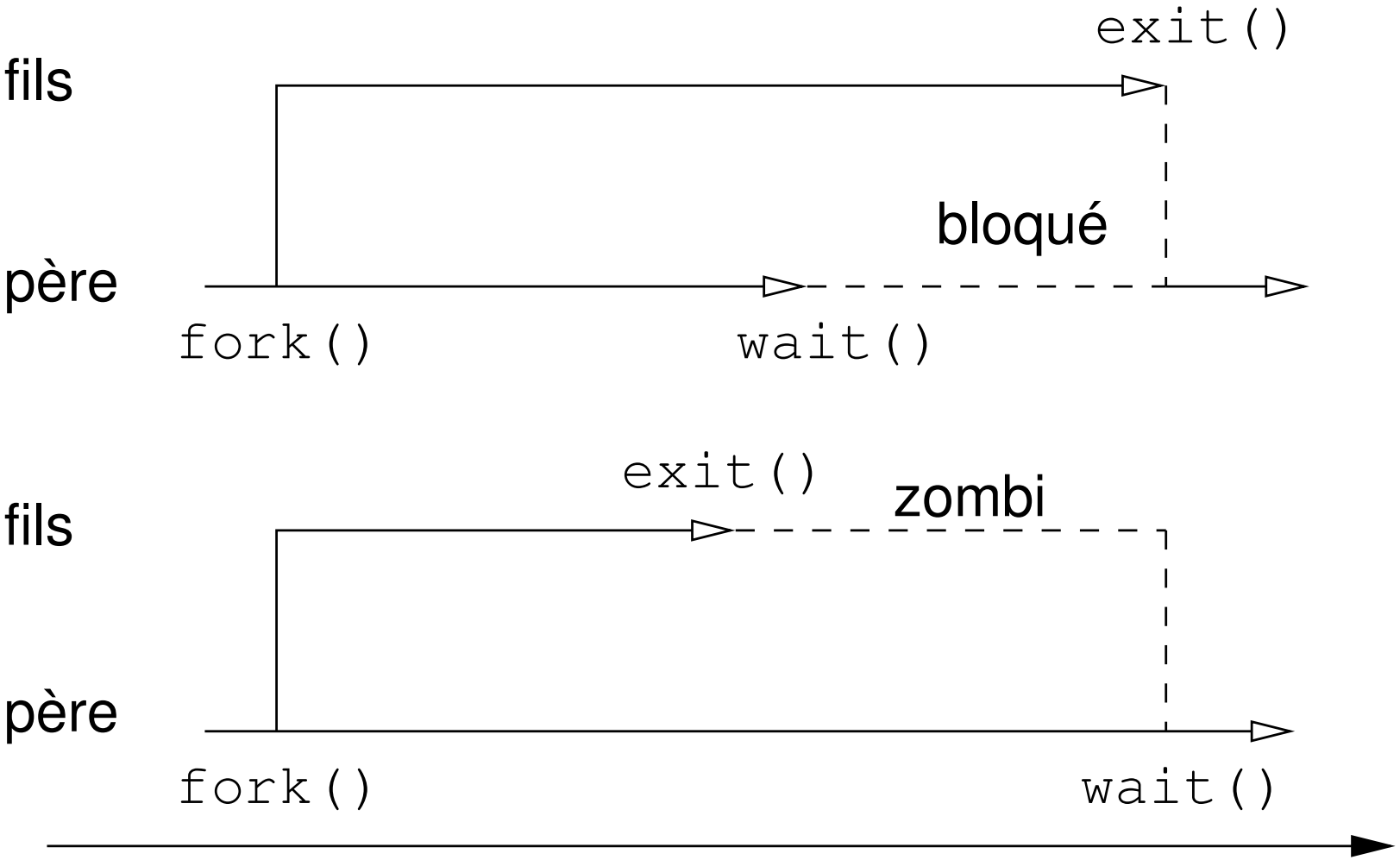
Processus orphelins IV

```
% ./fork
[10825] Je vais engendrer
[10825] J'ai engendre
[10825] Mon fils est 10826
[10825] Je termine
[10826] Je viens de naitre
[10826] Mon pere est 1
[10826] Je termine
```

Processus zombis I

- Zombi = état d'un processus
  - ayant terminé
  - non encore réclamé par son père
- Eviter les processus zombis
  - système garde des informations relatives au processus pour les retourner à son père
  - encombre la mémoire
- Technique du double fork()

Processus zombis II



Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus
- Introduction
- Etats d'un processus
- Hiérarchie des processus
- Attributs d'un processus
- Création de processus
- Terminaison de processus
- Processus orphelins & zombis
- Mutation de processus
- Redirections des entrées/sorties
- Ordonnancement

9 Bibliographie

Mutation de processus I

- Rappel : lancement d'un programme
  - 1- clonage
  - 2- mutation
- Mutation = remplacement
  - remplacement du code à exécuter
  - c'est le même processus
  - on parle de recouvrement du processus

Mutation de processus II

- Nouveau programme hérite de l'environnement système
  - même numéro de processus PID, PPID
  - héritage des descripteurs de fichiers ouverts
  - pas de remise à zéro des temps d'exécution
  - héritage du masque des signaux, etc.
- Famille de primitives
  - appel système execve()
  - fonctions de bibliothèque exec*()

Mutation de processus III

- Appel système

```
#include <unistd.h>
int execve(const char *filename,
                    char *const argv[],
                    char *const envp[]);
```

- va exécuter le programme filename
- ne retourne pas, sauf erreur de recouvrement

Appel système execve()

- Appel système

  int execve(**const char** *filename,
  char ***const** argv[],
  char ***const** envp[]);

  - va exécuter le programme filename
  - qui, s'il correspond à un programme C, invoquera

  int main(**int** argc,
  char ***const** argv[],
  char ***const** envp[]);

- De manière générale
  - le fichier désigné par filename est exécuté
  - avec les arguments argv[]
  - et les variables d'environnement envp

Appel système execve()

```
int
main(int argc, char *argv[], char **arge)
{
        execve(argv[1], argv+1, arge);
        perror ("recouvrement");
        exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

```
$ ls *
execve execve.c fork fork.c
$ ./execve /bin/ls *
execve  execve.c fork  fork.c
$ ./execve ls *
recouvrement: No such file or directory
```

La famille exec*() I

- Plusieurs fonctions de bibliothèque
  - écrites au dessus de execve()
  - différents moyens de passer les paramètres : tableau, liste
  - spécification ou non des variables d'environnement
- Deux spécifications de la commande à exécuter
  - chemin complet, filename
    - absolu ou relatif
  - nom de commande, command
    - recherchée dans les chemins de recherche, $PATH

La famille exec*() II

```
#include <unistd.h>

int execl(const char *filename, const char *arg0, ... /*, (char *) 0 */
int execv(const char *filename, char *const argv[]);
int execle(const char *filename, const char *arg0, .../*, (char *)0, char *const envp[]*/);
int execlp(const char *command, const char *arg0, ... /*, (char *)0 */
int execvp(const char *command, char *const argv[]);
```

La famille exec*() III

- Illustration
  - exécution du programme ls

```
% ls
 execve.c fork.c
% which ls
/bin/ls
```

  - par différents appels d'exec*() :

```
char *argv[]={"ls", "execve.c", "fork.c", (char *)0};
execv("/bin/ls", argv);
execvp("ls", argv);
execl("/bin/ls", "ls", "execve.c", "fork.c", (char *)0);
execlp("ls", "ls", "execve.c", "fork.c", (char *)0);
```

Recouvrement I

- Ecrasement de l'espace d'adressage du processus
- Nouveau programme chargé et s'exécute sur de nouvelles données

Le paramètre arg0 sert de premier argument à la fonction main :

int execl(**const char** *nomFichier, **const char** * arg0, ..., NULL);

execl("/bin/ls", "ls", "–l","/",NULL);

Idem + la recherche du fichier dans $PATH.

int execlp(**const char** *nomFichier, **const char** * arg0, ..., NULL);

Recouvrement II

Idem execl + un nouvel environnement :

int execle(**const char** *nomFichier, **const char** * arg0, ...,
NULL, **const char** **env);

Identique à execl :

int execv(**const char** *nomFichier, **const char** * argv[]);

Recouvrement III

Identique à execlp :

int execvp(**const char** *nomFichier, **const char** * argv[]);

Identique à execle :

int execve(**const char** *nomFichier, **const char** * argv[], **const char** **env);

Complémentarité fork() et exec*() I

- Faire exécuter un programme par un nouveau processus
  - nouveau processus pour chaque commande exécutée
  - ce que fait le shell

```
int main()
{
        printf("Je suis %5d de
              pere %5d\n",
              getpid(), getppid());
        exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

```
% ./pid
Je suis 7851 de pere 717
% ./pid
Je suis 7852 de pere 717
% echo $$
717
```

  - erreur dans le programme n'affecte pas le shell
  - changement d'attributs dans le programme n'affectent pas le shell
  - (sauf commandes internes : par exemple cd...)

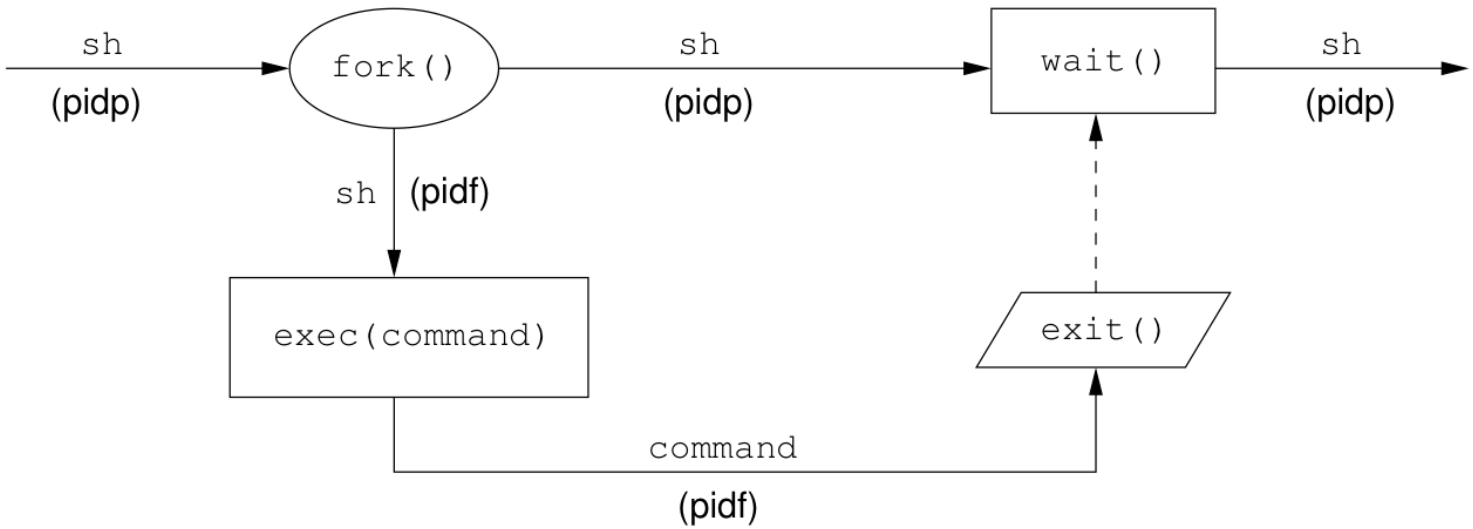
Complémentarité fork() et exec*() II

- Réalisation en deux étapes
  - 1- clonage fork()
  - 2- mutation exec*()
- Souplesse de par la combinaison deux primitives
  - réalisation d'opérations entre le fork() et l'exec*()
  - exemple : redirection des entrées/sorties standard

L'exemple du shell I

- Exécution d'une commande command par le shell sh

% **command**



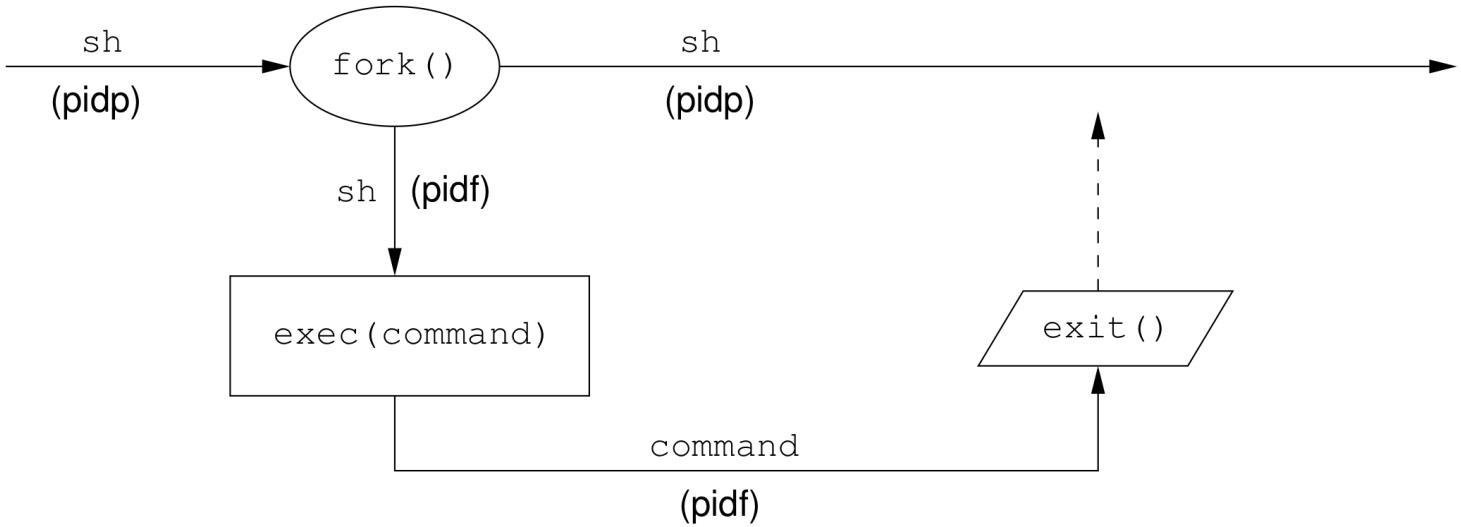
- 4 primitives fork(), exec(), exit(), et wait()

L'exemple du shell II

- Exécution en arrière plan d'une commande command par le shell sh

---

% **command** &



- Le shell n'attend plus la terminaison de son fils

Héritage des descripteurs lors de mutation I

- Descripteurs de fichiers sont hérités par le nouveau programme
- largement utilisé par le shell pour assurer les redirections
- exemple :

```
% cmd > out
```

- le shell associe le descripteur 1, STDOUT_FILENO à un fichier out (voir dup()...à suivre)

  exec(”cmd”, ...)

- le programme cmd écrit sur STDOUT_FILENO
- ... qui référence le fichier out

Héritage des descripteurs lors de mutation II

- Sauf si positionnement de l'option *close* on *exec* sur le descripteur
  - positionnement de FD_CLOEXEC par un appel à fcntl()

```
int main(int argc, char *argv[])
{
        fcntl(STDOUT_FILENO, F_SETFD,
                        fcntl(STDOUT_FILENO, F_GETFD, 0) |
                            FD_CLOEXEC);
        execvp(argv[1], argv+1);
        perror ("execvp");
        exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

Héritage des descripteurs lors de mutation III

```
% ./cloexec true
% ./cloexec ls
ls: write error: Bad file descripton
```

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus
- Introduction
- Etats d'un processus
- Hiérarchie des processus
- Attributs d'un processus
- Création de processus
- Terminaison de processus
- Processus orphelins & zombis
- Mutation de processus
- Redirections des entrées/sorties
- Ordonnancement

9 Bibliographie

Redirections des entrées/sorties I

- Associer un descripteur de fichier donné à un fichier
  - exemple associer le descripteur de fichier donné 1, STDOUT_FILENO au fichier out
  - les écritures avec le descripteur STDOUT_FILENO se feront dans le fichier out
- Primitive POSIX

  int dup(**int** fildes);

  - recherche le plus petit descripteur disponible
  - en fait un synonyme du descripteur fildes
  - les deux descripteurs partagent la même entrée dans la table des fichiers ouverts du système
  - écrire (/lire) dans ce plus petit descripteur revient à écrire (/lire) dans le fichier référencé par fildes

Redirections des entrées/sorties II

- Ce plus petit descripteur correspond à un fichier qui vient d'être fermé...

Redirections des entrées/sorties III

- Primitive POSIX dup2()
  - explicitation du descripteur synonyme créé !

    #include <unistd.h>
    int dup2(**int** fildes, **int** fildes2);

  - force fildes2 à devenir un synonyme de fildes
  - ferme le descripteur fildes2 préalablement si nécessaire
- Utilisations ultérieures de fildes2
  - référencent le fichier identifié par fildes

Exemple 1 I

```
static void print_inode(const char *str, int fd)
{
        struct stat st;
        fstat(fd, &st);
        fprintf(stderr, "\t%s : inode %d\n", str, st.st_ino);
}

int main(int argc, char *argv[])
{
        int fdin, fdout;

        fdin = open(argv[1], O_RDONLY);
```

Exemple 1 II

```
fdout = open(argv[2], O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC
      , 666);

fprintf(stderr, "Avant dup2() :\n");
print_inode("fdin", fdin);
print_inode("fdout", fdout);
print_inode("stdin", STDIN_FILENO);
print_inode("stdout", STDOUT_FILENO);

dup2(fdin, STDIN_FILENO);
dup2(fdout, STDOUT_FILENO);

fprintf(stderr, "Apres dup2() :\n");
print_inode("fdin", fdin);
```

Exemple 1 III

```
        print_inode("fdout", fdout);
        print_inode("stdin", STDIN_FILENO);
        print_inode("stdout", STDOUT_FILENO);

        exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

```
%ls –i foo bar
ls: foo: No such file or directory
26553484 bar
%./dup2pr foo bar
Avant dup2() :
        fdin : inode 15
        fdout : inode 26553484
        stdin : inode 1051
        stdout : inode 1051
Apres dup2() :
```

Exemple 1 IV

fdin : inode 15
fdout : inode 26553484
stdin : inode 15
stdout : inode 26553484

Exemple 2 I

```
#define BSIZE 512

static void cat()
{
        unsigned char buffer[BSIZE];
        int nread;

        while((nread=read(STDIN_FILENO, buffer, BSIZE)))
                write(STDOUT_FILENO, buffer, nread);
}

int main(int argc, char *argv[])
{
```

Exemple 2 II

```
int fdin, fdout;

fdin = open(argv[1], O_RDONLY);
fdout = open(argv[2], O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC
      , 666);

dup2(fdin, STDIN_FILENO);
dup2(fdout, STDOUT_FILENO);

close(fdin);
close(fdout);

cat();
```

Exemple 2 III

```
        close(STDIN_FILENO);
        close(STDOUT_FILENO);

        exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

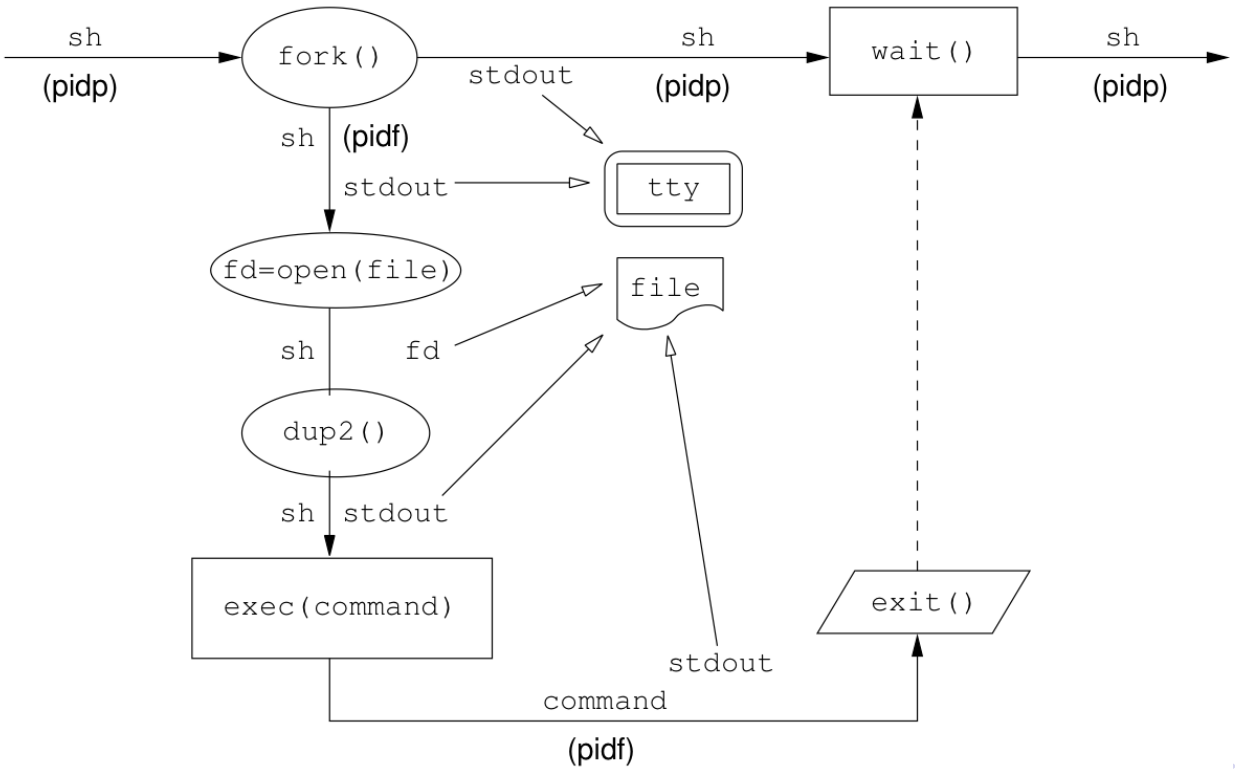
```
% cat bar
% cat foo
azerty
qwerty
dvorak
% ./dup2cat foo bar
% cat bar
azerty
qwerty
dvorak
```

Redirection : l'exemple du shell

- Exécution d'une commande command redirigée sur un fichier file

---

% **command** > file



Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus
- Introduction
- Etats d'un processus
- Hiérarchie des processus
- Attributs d'un processus
- Création de processus
- Terminaison de processus
- Processus orphelins & zombis
- Mutation de processus
- Redirections des entrées/sorties
- Ordonnancement

9 Bibliographie

Ordonnancement = virtualisation

- Multiprogrammation
  - plusieurs processus prêts
  - un seul processeur
- Virtualisation du processeur
  - chaque processus détient le processeur tour à tour
- Ordonnancement
  - définition et mise en œuvre de ce Â≪ tour à tour Â≫
  - choisir le processus élu
- Cœur du système d'exploitation
  - bien que tout algorithme d'ordonnancement puisse convenir...
- Ce que nous allons voir ici
  - très grandes lignes de quelques algorithmes d'ordonnancement
  - norme POSIX, système Unix
  - paramétrage par l'utilisateur

Objectif d'un algorithme d'ordonnancement (1/2)

- Divers et multiples !
  - selon les systèmes d'exploitation
  - systèmes d'exploitation spécialisés
    - temps-réel, multimédia, traitement par lots, interactifs...
  - systèmes d'exploitation généralistes
- Equité
  - attribuer à chaque processus un temps processeur équitable
- Réactif
  - répondre rapidement aux requêtes
- Débit
  - nombre de traitements par unité de temps

Objectif d'un algorithme d'ordonnancement (2/2)

- Performance
  - faire en sorte que le processeur soit occupé en permanence
  - faire en sorte que toutes les parties du système soient occupées
- Garanties
  - respecter les échéances

Préemptibilité / quantum

- Préemptibilité des processus
  - ordonnancement préemptif
    - peut interrompre l'exécution d'un processus en cours
    - possibilité de réquisition du processeur
  - ordonnancement non préemptif
    - changement de contexte à la fin du processus, ou
    - changement de contexte volontaire du processus en cours (yield())
- Quantum
  - unité de temps processeur attribué au processus élu
  - réquisition du processeur à la fin du quantum
  - influence de la durée du quantum
    - petit : surcoÃ≫t des changements de contexte
    - grand : mauvaise réactivite

Priorité des processus

- Propriété d'un processus
  - niveau de priorité
  - dénote l'importance relative des processus
- Numérotation des priorités
  - attention, souvent les processus les plus prioritaires ont un numéro de priorité plus faible !
- Priorité ajustable

```
#include <unistd.h>
int nice(int incr);
```

  - augmente le valeur de priorité du processus
  - donc diminue sa priorité !
  - courtoisie envers les autres utilisateurs
  - incr négatif autorisé pour le superutilisateur
- Commande nice
  - nice [–n increment] command [argument...]

Politiques d'ordonnancement I

- Multitudes de politiques possibles
- Trois politiques définies par POSIX
  - premier arrivé, premier servi : FIFO, first-in, firt-out
  - tourniquet : RR, round robin
  - autre : en général l'ordonnancement Unix traditionnel
- FIFO
  - non préemptif
  - changement de contexte quand le processus rend la main ou termine
  - POSIX : un nombre fini de niveaux de priorité FIFO
  - processus préempté par un processus plus prioritaire
- Tourniquet
  - processeur alloué successivement à chacun des processus
  - expiration du quantum : réquisition du processeur

Politiques d'ordonnancement II

- processus placé en queue de la file d'attente
- POSIX : un nombre fini de niveaux de priorité RR
- élection des seuls processus de plus forte priorite

Politiques d'ordonnancement III

- Politique Unix classique
  - quantum, à priorité dynamique
  - priorité de base (dite statique) + priorité dynamique
  - principe d'extinction des priorités : évite les famine
  - priorité dynamique diminue au fur et à mesure que le processus consomme du temps processeur
- Ordonnancement POSIX
  - des processus gérés par les trois politiques
  - si un processus associé à FIFO
  - sinon si un processus associé à tourniquet
  - sinon les processus associés à l'autre politique

Primitives d'ordonnancement I

- Récupérer les paramètres d'ordonnancement
  - politique d'ordonnancement, une valeur parmi SCHED_FIFO, SCHED_RR, et SCHED_OTHER

    ```
    #include <sched.h>
    int sched_getscheduler(pid_t pid);
    ```

  - structure structsched_param

    ```
    struct sched_param {
            int sched_priority;
             ...
    ```

  - paramètre de l'ordonnancement

    ```
    #include <sched.h>
    int sched_getparam(pid_t pid, struct sched_param *param);
    ```

Primitives d'ordonnancement II

- Positionner les paramètres

```
#include <sched.h>
int sched_setscheduler(pid_t pid, int policy,
                       const struct sched_param *param)
```

Primitives d'ordonnancement III

- Intervalles de priorité

```
#include <sched.h>
int sched_get_priority_max(int policy);
int sched_get_priority_min(int policy);
```

- Quantum
  - dans le seul cas de la politique tourniquet

```
#include <sched.h>
int sched_rr_get_interval(pid_t pid, struct timespec *interval)
    ;
```

  - structure structtimespec

Primitives d'ordonnancement IV

```
struct timespec {
        time_t tv_sec; /* Seconds. */
        long int tv_nsec; /* Nanoseconds. */
```

- Utilisation effective
  - faible...
  - sauf FIFO / tourniquet : urgence de processus temps-réel Â« mou Â»
  - multimédia sur une système d'exploitation généraliste

Sommaire

1 Plan du Cours

2 Introduction

3 Système d'exploitation

4 Principes des systèmes d'exploitation

5 Utilisation de la bibliothèque C standard et de l'API POSIX

6 Les Entrées-Sorties

7 Système de fichiers

8 Processus

9 Bibliographie

Bibliographie I


J.-F. Lalande and C. Toinard.
Cours.


Philippe Marquet.
Cours, `http://www.lifl.fr/~marquet/`.


Jean-Marie Rifflet and Jean-Baptiste Yunès.
UNIX : Programmation et Communication.
Dunod, 2003.


Jean-Paul Rigault.
Programmation-système.
Ecole Polytech'Nice, 2005.

Bibliographie II


Andrew S. Tanenbaum.
Modern Operating Systems.
Prentice Hall Press, Upper Saddle River, NJ, USA, 3rd edition, 2007.