Le système de gestion des fichiers, les entrées/sorties.

Luigi Santocanale

Laboratoire d'Informatique Fondamentale,
Centre de Mathématiques et Informatique,
39, rue Joliot-Curie - F-13453 Marseille

17 octobre 2005

Plan

Les fichiers ordinaires

- Fichiers réguliers :
  stockage de l'information sur disque.
- Répertoires :
  organisation logique de l'information sur disque.
- Liens symboliques : partage des ressources.

```
[lsantoca@localhost lecture2]$ touch a b
[lsantoca@localhost lecture2]$ ln -s b c
[lsantoca@localhost lecture2]$ mkdir d
[lsantoca@localhost lecture2]$ ls -pdl a b c d
-rw-r--r--    1 lsantoca lsantoca        0 sep  3 15:09 a
-rw-r--r--    1 lsantoca lsantoca        0 sep  3 15:09 b
lrwxrwxrwx    1 lsantoca lsantoca        1 sep  3 15:09 c -> b
drwxr-xr-x    2 lsantoca lsantoca     4096 sep  3 15:10 d/
```

(Ajourdui, semaine prochaine)

Tubes (pipes)

But : communication entre processus.

- tube anonyme :
  communication entre processus de la même famille,
- tube nommé :
  il lui correspond une référence (nom de fichier),
  accessible à tous les processus.

```
[lsantoca@localhost lecture2]$ ls -lp tube
prw-r--r--    1 lsantoca lsantoca        0 sep  3 15:17 tube|
```

(Plus tard dans ce cours)

Fichier spéciaux dev

But : gestion des périphériques.

- bloc : utilisation des caches noyau,
- caractère : écriture/lecture immédiate.

```
[lsantoca@localhost lecture2]$ ls -lL /dev/tty /dev/ram0
brw-------    1 root     root       1,   0 jan  1  1970 /dev/ram0
crw-rw-rw-    1 root     root       5,   0 sep  3 10:39 /dev/tty
[lsantoca@localhost lecture2]$ echo "Coucou" > /dev/tty
Coucou
```

Remarque :

`1,5` : nombres majeurs, nombres du pilote de peripherique.

`0` : nombre mineur, paramètre pour le pilote.

Sockets

But : communication sur un réseau

```
[lsantoca@localhost lecture2]$ ls -lp /tmp/agent.2416
srwxrwxr-x    1 lsantoca lsantoca     0 déc 15  2003 /tmp/agent.2416
```

(Cours réseaux année prochaine)

Structure hiérarchique : première approximation

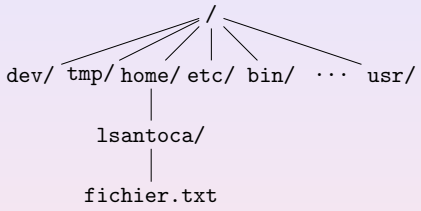
Les fichiers sont organisés en arbre :

- noeuds internes : répertoires,
- feuilles : fichiers réguliers, liens symboliques, tubes, sockets, fichiers dev.

Chaque fichier est dénoté par une référence (ou chemin):

- à partir de la racine `/`
  ex. : `/home/lsantoca/fichier.txt`
- à partir du répertoire courante `$PWD`
  ex. : `fichier.txt` si `PWD=/home/lsantoca`

Exemple




```
[lsantoca@localhost lsantoca]$ ls /home/lsantoca/fichier.txt
/home/lsantoca/fichier.txt
[lsantoca@localhost lsantoca]$ pwd
/home/lsantoca
[lsantoca@localhost lsantoca]$ ls fichier.txt
fichier.txt
```

Structure hiérarchique : deuxième approximation

Les fichiers sont organisés en DAG
(directed acyclig graph, graphes orientés acycliques) :

- noeud interne : répertoire,
- arête : répertoire → fichier appartenant à ce répertoire,
- feuille : fichier regulièr sur disque, autre type de fichier.

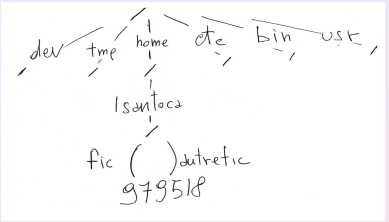
Par conséquent :

- un fichier régulier peut avoir plusieurs parents,
- plusieurs chemins, liens (=noms de fichiers) pour le même fichier régulier.

Chaque sommet du graphe est déterminé par :

- son no. périphérique logique,
- son no. de i-noeuds.

Les liens durs




```
[lsantoca@localhost lecture2]$ touch fic
[lsantoca@localhost lecture2]$ ln fic autrefic
[lsantoca@localhost lecture2]$ stat fic
...
Device: 308h/776d       Inode: 979518      Links: 2
...
[lsantoca@localhost lecture2]$ stat autrefic
...
Device: 308h/776d       Inode: 979518      Links: 2
...
```


Disques physiques

Floppies, disques durs, mémoires SDA, etc.

Manipulation de :
cylindres, pistes, déplacement de la tête de lecture,

gérée par le pilote de périphérique.

Disques logiques :

Disque logique de fichiers ordinaires.

Disques « swap »:
contiennent les processus endormis, hors de mémoire vive.

Manipulation de :
noeuds d'information (i-node), blocs,
transformations de l'interface utilisateur

gérée par le système de gestion des fichiers (SGF).

Organisation d'un disque logique (SGF)

Un disque logique est :

- une suite de cases/cellules, pour y stocker l'information :
  les « blocs »,
- une suite d'objets pour organiser plusieurs blocs dans un seule entitée :
  les « i-noeuds », les « fichiers ».
- informations à propos de lui même
  (espace libre sur disque, type, etc.) :
  le « super bloc ».

Les SGF System V

bloc initialisation
super bloc
table des i-noeuds
⋮
blocs de données
⋮

utilisé au chargement du système

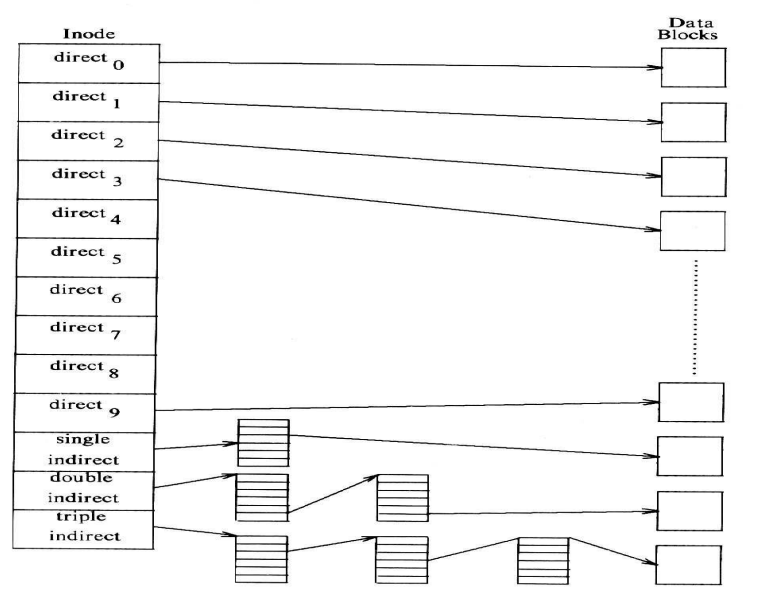
informations générales sur le SGF

chaque i-noeud:
- type et droits
- id du propriétaire et du groupe
- nombre lien physiques
- taille
- dates dernière consultation/modification des données, modification du noeud
- 10 adresses de blocs directes, 1 indirecte simple, 1 indi

Répertoires :
enregistrements taille fixe 16 caractères, liens 14 caractères

chaque bloc : 512/1024/2048/4096 octets

Adresses de blocs indirectes (Bach 1986)



Les SGF ffs/ufs (BSD)

bloc initialisation
super bloc
tables de groupe de cylindre
table des i-noeuds
⋮
blocs de données
⋮

optimisation allocation des blocs par rapport à la tête du disque

chaque i-noeud:
- 12 adresses directes, 1 indirecte simple, 2 indirectes doubles

blocs de taille 4K ou 8K, fragmentation des blocs

Répertoires :
enregistrements taille variable, liens taille max 255 caractères

L'accès aux blocs

Couteaux si les blocs sont résident sur le disque.

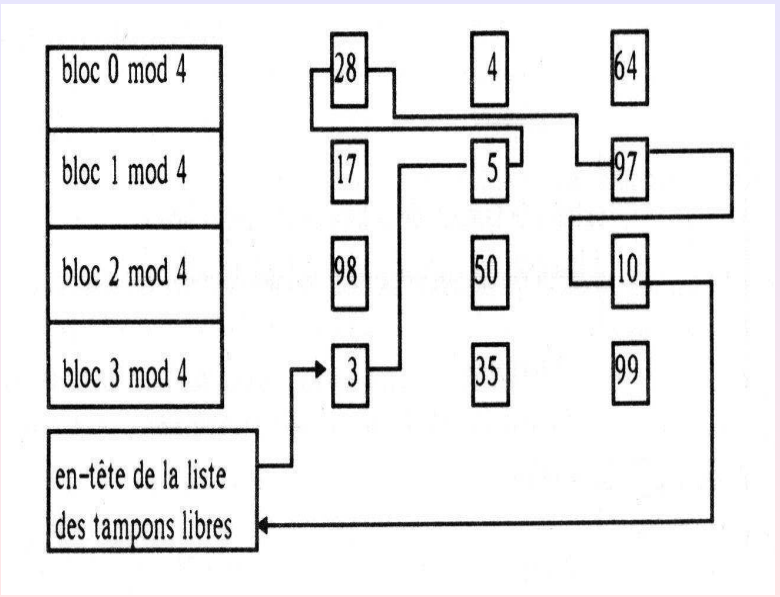
Solution :

- faire une copie en mémoire des blocs, en ajoutant un en-tête,
- mettre à jour les blocs sur disque seulement quand il se rend nécessaire.

numéro du bloc
verrouillé ?
est à jour ?
copie en mémoire

bloc sur disque

Les listes des blocs (Bach 1986)



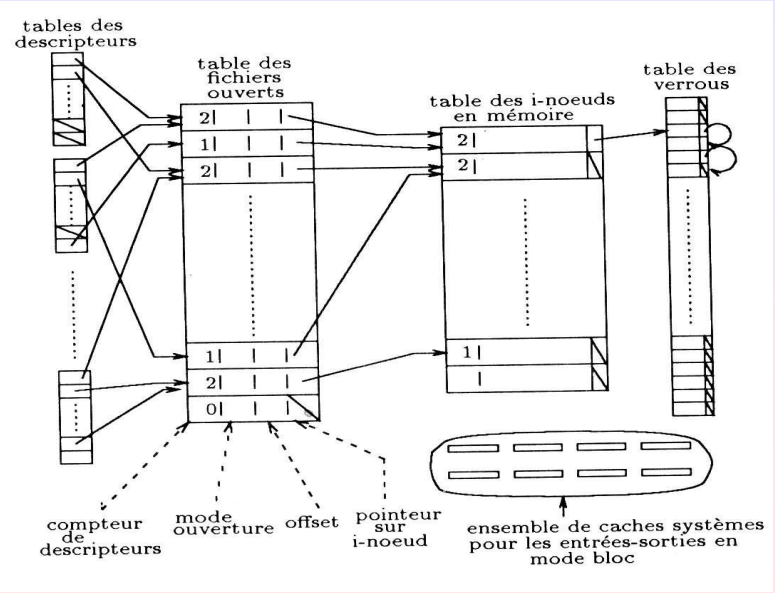
Programme : getblk.c

```
1  struct tampon * getblk(no_bloc)
2  {
3    while(tampon non retourné)
4      {
5        if(
6           (tampon = (chercher no_bloc dans la file à hachage))
7           == trouvé
8           )
9          { /* Le bloc démandé est
10              dans la file d'hachage */
11           if(tampon verrouillé)
12             { /* Scénario 5 */
13               sleep(jusqu à tampon libre);
14               continue;
15             }
16           /* Scénario 1 */
17           verrouiller(tampon);
18           extraire tampon file_tampons_libres;
19           return tampon;
20         }
```


Programme : getblk.c(II)

```
21         else
22           {
23             /* Le bloc démandé se trouve sur disque */
24             if(file_tampons_libres est vide)
25               { /* Scénario 4 */
26                 sleep(jusqu à tampon libre);
27                 continue;
28               }
29             tampon = tète de la file_tampons_libres;
30             if(tampon marqué pour ecriture differée)
31               { /* Scénario 3 */
32                 écriture asynchrone tampon sur le disque ;
33                 continue;
34               }
35             /* Scénario 2 */
36             enlever tampon de la file_tampons_libres;
37             insérer tampon dans la file à hachage;
38             return tampon;
39           }
40       }
41   }
```

Tables du système (Rifflet 1999)



Les tables du système

- Tables des descripteurs, appartenant à un processus.
  Descripteurs conventionnels :
  0 `STDIN_FILENO`
  1 `STDOUT_FILENO`
  2 `STDERR_FILENO`
- Table des fichiers ouverts (appartenant au noyau) :
  - compteur des descripteurs,
  - mode d'ouverture,
  - position courante,
  - pointeur sur le i-noeud en mémoire.
- Table des i-noeuds en cache (noyau):
  - nombre total d'ouvertures,
  - id du disque logique,
  - numéro du noeud sur ce disque,
  - état du noeud.

fopen, fclose

```
#include <stdio.h>
```

FILE * fopen(`const char *` *fic*, `const char *` *mode*);
fic : le nom du fichier a ouvrir
mode : le mode d'ouverture: `"r"`, `"w"`,`"a"`, `"r+"`, `"w+"`, `"a+"`.
Retourne : pointeur sur `struct FILE`, `NULL` si erreur.

int fclose(`FILE *` *fic*);
fic : pointeur sur le fichier ouvert qu'on veut fermer
Retourne : 0 ou `EOF` si erreur

Modes d'ouverture

`"r"` (read) : lecture, positionnement au début.

`"w"` (write): écriture, positionnement au début, création/écrasement du fichier.

`"a"` (append) : écriture, positionnement à la fin, pas d'écrasement du fichier.

`"r+"` : lecture/écriture, positionnement au début, pas d'écrasement du fichier existent.

`"w+"` : lecture/écriture, positionnement au début, écrasement du fichier.

`"a+"` : lecture/écriture, positionnement à la fin, pas d'écrasement du fichier.

fprintf, fscanf, fgetc, fgets

```
#include <stdio.h>
```

int fprintf(FILE * *flot*, const char *format*, ...);

Retourne : nombre d'octets écrits, ou valeur négatif si erreur.

int fscanf(FILE * *flot*, const char *format*, ...);

Retourne : nombre de paramètres reconnus, ou EOF si erreur de flot.

int fgetc(FILE * *flot*);

Retourne : le caractère ou EOF.

char * fgets(char * s *tampon*, int *maxtaille*, FILE * *flot*);

Retourne : *tampon* ou NULL si erreur ou EOF.

Remarques : Caractère fin de ligne \n stocké dans le tampon.

Programme : comptage.c

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3
4  void compter(char nom[], FILE *f)
5  {
6    int c , cars = 0, lignes = 0;
7
8    while( (c = fgetc(f)) != EOF ){
9      cars ++;
10     if (c == '\n') lignes ++;
11   }
12   printf("%s : %d caractères, %d lignes.\n",
13          nom, cars, lignes);
14 }
```


Programme : comptage.c(II)

```
16 int main(int argc, char *argv[])
17 {
18   FILE * f;
19
20   if (argc != 2)
21     exit(EXIT_FAILURE);
22
23   if ( (f=fopen(argv[1],"r")) == NULL)
24     {
25       perror("fopen");
26       exit(EXIT_FAILURE);
27     }
28   compter(argv[1],f);
29   fclose(f);
30   exit(EXIT_SUCCESS);
31 }
```


fflush

```
#include <stdio.h>
int fflush(FILE * flot);
```

flot : flot ouvert en écriture.

Retourne : 0/EOF

Remarques : Vide le tampon du flot *flot*.

stdin, stdout, stderr, printf,scanf, getc, gets

```
#include <stdio.h>

FILE * stdin, stdout, sdterr;

int printf(const char format, ...);
```

Remarques : équivalent à `fprintf(stdout,...)`.

```
int scanf(const char format, ...);
```

Remarques : équivalent à `fscanf(stdin,...)`.

```
int getc(FILE * flot);
```

Remarques : équivalent à `fgetc(stdin)`.

```
char * gets(FILE * flot);
```

Remarques : Ne pas utiliser !!!

fread

```
#include <stdio.h>
size_t
fread(void * ptr,
              size_t taille, size_t nb, FILE * fic);
```

ptr : un pointeur à un tampon en mémoire (déjà allouée)
taille : nombre d'octets pour chaque objets
nb : le nombre d'objets qu'on veut lire, tel que `nb * taille <= size_of(ptr)`
fic : le pointer au flot (fichier ouvert en mode écriture) qu'on veut lire

Retourne : nombre d'objets lus ($\leq nb$).

fwrite

```
#include <stdio.h>
size_t
fwrite(void * ptr,
              size_t taille, size_t nb, FILE * fic);
```

ptr : un pointer à un tampon en mémoire
taille : nombre d'octets pour chaque objets
nb : le nombre d'objets qu'on veut écrire
fic : le flot (fichier ouvert en écriture) qu'on veut écrire

Retourne : nombre d'objets écrits ($\leq nb$).

Programme : copier.c

```
1  #include <stdlib.h>
2  #include <stdio.h>
3  #define TAILLETAMPON 1024
4
5  int main(int argc, char *argv[])
6  {
7    FILE *source, *dest;
8    char tampon[TAILLETAMPON];
9    size_t nolu;
10
11   if (argc != 3)
12     {
13       printf("Usage : %s source destination\n",
14              argv[0]); exit(EXIT_FAILURE);
15     }
16   if( (source = fopen(argv[1],"r")) == NULL
17        || (dest = fopen(argv[2],"w")) == NULL )
18     {
19       perror("fopen"); exit(EXIT_FAILURE);
20     }
```

Programme : copier.c(II)

```
22    while(
23          (nolu = fread(tampon,
24                sizeof(char),sizeof(tampon),source))
25           > 0)
26      fwrite(tampon,sizeof(char),nolu,dest) ;
27
28    fclose(source); fclose(dest);
29    exit(EXIT_SUCCESS);
30  }
```


fseek

```
#include <stdio.h>
int
fseek(FILE * fic, long int offset, int or);
```

fic : pointeur au flot ouvert
offset : déplacement par rapport à origine
or : origine du déplacement :
SEEK_SET : début du fichier.
SEEK_CURR : position courante.
SEEK_END : fin du fichier.

Retourne : 0 succès, -1 erreur.

open

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

fic : le nom du fichier à ouvrir
mode : disjonction bit-à-bit de :
O_RDONLY, O_WRONLY, O_RDWR,
O_APPEND, O_TRUNC,
O_CREAT, O_EXCL,
O_NONBLOCK,
...
droits : voir page suivante.

Retourne : erreur -1, descripteur de fichier sinon.

Les permissions sur un fichier

	USeR	GRouP	OTHers
Read	S_IRUSR	S_IRGRP	S_IROTH
Write	S_IWUSR	S_IWGRP	S_IWOTH
eXecute	S_IXUSR	S_IXGRP	S_IXOTH

```
S_IRWXU  =  S_IRUSR|S_IWUSR|S_IXUSR
S_IRWXG  =  S_IRGRP|S_IWGRP|S_IXGRP
S_IRWXO  =  S_IROTH|S_IWOTH|S_IXOTH
```

creat

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

fic : le nom du fichier à ouvrir,
droits : voire les permissions.

Remarques : équivalent à
`open(fic, O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC,droits)`

close

```
#include <unistd.h>
int close(int desc);
```

desc : le descripteur du fichier qu'on veut fermer

Retourne : 0/-1

read

```
#include <unistd.h>
ssize_t
read(int desc, void * ptr, ssize_t nb);
```

desc : descripteur d'un fichier ouvert en lecture
ptr : un pointer à un tampon en mémoire (déjà allouée)
nb : le nombre d'octets qu'on veut lire, tel que
`nb <= sizeof(ptr)`

Retourne : nombre d'octets lus/-1

write

```
#include <unistd.h>
ssize_t
write(int desc, void * ptr, ssize_t nb);
```

desc : le descripteur du fichier ouvert en écriture
ptr : un pointer à un tampon en mémoire (déjà allouée)
nb : le nombre d'octets qu'on veut écrire

Retourne : nombre d'octets écrits/-1

Programme : copierunix.c

```
 1 #include <stdlib.h>
 2 #include <fcntl.h>
 3 #include <unistd.h>
 4 #include <stdio.h>
 5 #define TAILLETAMPON 1024
 6
 7 int main(int argc, char *argv[])
 8 {
 9   int source, dest;
10   char tampon[TAILLETAMPON];
11   ssize_t nolu;
12
13   if (argc != 3)
14     {
15       printf("Usage : %s source destination\n",argv[0]);
16       exit(EXIT_FAILURE);
17     }
18   if( (source = open(argv[1],O_RDONLY)) == -1
19        || (dest = open(argv[2],O_WRONLY)) == -1 )
20     { perror("open"); exit(EXIT_FAILURE); }
```


Programme : copierunix.c(II)

```
22   while((nolu =
23            read(source,tampon,sizeof(tampon)))
24          > 0)
25     write(dest,tampon,nolu) ;
26
27   close(source); close(dest);
28   exit(EXIT_SUCCESS);
29 }
```


lseek

```
off_t lseek(int  fd, off_t offset, int or);
```

fd : déscripteur du fichier sur lequel on veut agir
offset : déplacement par rapport à l'origine
or : origine, à savoir un de
- SEEK_SET : début du fichier
- SEEK_CURR : position courante
- SEEK_END : fin du fichier.

Retourne : position courante à partir de l'origine du fichier,
(off_t) -1 si erreur