Programmation Système

Gestion des Fichiers

Licence Sciences et Technologies Mention : Informatique

2ème Année

Les appels Système Relatifs aux Fichiers

- Types et Attributs
- Permissions
- Ouverture/Création/Suppression
- Lecture/Écriture
- Déplacement du Pointeur
- Duplication des Descripteurs
- Les verrous, Types et Modes Opératoires
- Modification des Attributs
- Manipulation des Répertoires

Types des Fichiers

Différents types de fichiers existent sous Unix

- Fichiers réguliers (**-**) // archives, multimédia, documents, ...
- Répertoires (**d**) // dossiers
- Fichiers spéciaux caractères (**c**) // écran, souris, webcam, imprimante, ...
- Fichiers spéciaux blocs (**b**) // disques, périphériques optiques,
- FIFO (**p**) // mécanismes de communication
- Socket (**s**) // points de communication
- Liens symboliques (**l**) // liés à d'autres fichiers

Le type de fichier est encodé dans le champs **st_mode** de la structure **stat**.

```
$ ls -l
drwxrwxr-- 2 root    root    4096  2 août  15:11 DONNEES
-rw-rw-r-- 1 student student   71  2 août  15:06 fichier
lrwxrwxrwx 1 student student    4  2 août  15:04 file -> pipe
crw-rw---- 1 root    lp      6, 0  2 août  15:00 lp0
prw-rw---- 1 student student    0  2 août  14:56 pipe
brw-rw---- 1 root    disk    8, 0  2 août  15:05 sda
$ ls -l DONNEES
-rw-rw-r-- 1 root root 37  2 sept. 15:10 notes
$
```

Les Fichiers

Aux fichiers sont associés des attributs (contenus dans l'inode) qui les caractérisent.

Obtention des caractéristiques d'un fichiers :

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

Nom de fichier

Descripteur de fichier ouvert

Tampon de sauvegarde de la structure stat

stat et **fstat** récupèrent la structure **stat** associée au fichier indiqué. **lstat** est identique mais s'applique au lien indiqué plutôt qu'au fichier pointé.

Dans tous les cas, la structure **stat** correspondante est sauvegardée dans le tampon pointé par **buf**.

Tous les appels renvoient **0** en cas de succès et **-1** en cas d'erreur (et **errno** est modifiée en conséquence).

Les Fichiers

Aucun droit d'accès n'est nécessaire sur le fichier pour récupérer ses informations (uniquement droit de parcours de tous les répertoires dans le chemin menant au fichier).

La structure **stat**

```
struct stat{
   dev_t       st_dev;      // identifiant du périphérique
   ino_t       st_ino;      // numéro inode
   mode_t      st_mode;     // type de fichier et protection (droits)
   nlink_t     st_nlink;    // nombre liens matériels
   uid_t       st_uid;      // UID propriétaire
   gid_t       st_gid;      // GID propriétaire
   dev_t       st_rdev;     // type périphérique (fichiers spéciaux)
   off_t       st_size;     // taille totale en octets
   blksize_t st_blksize;  // taille de bloc pour E/S
   blkcnt_t  st_blocks;   // nombre de blocs actuellement alloués
   time_t      st_atime;    // heure dernier accès
   time_t      st_mtime;    // heure dernière modification
   time_t      st_ctime;    // heure dernier changement état
}
```

Détermination du Type d'un Fichier

Des macros permettant de définir le type des fichiers sont disponibles (définies dans **sys/stat.h**)

- **`S_ISREG`**`(buf->st_mode)`: rend "vrai" (valeur = 1) s'il s'agit d'un fichier régulier
- **`S_ISDIR`**`(buf->st_mode)`: rend "vrai" s'il s'agit d'un fichier répertoire
- **`S_ISCHR`**`(buf->st_mode)`: rend "vrai" s'il s'agit d'un fichier spécial caractère
- **`S_ISBLK`**`(buf->st_mode)`: rend "vrai" s'il s'agit d'un fichier spécial bloc
- **`S_ISFIFO`**`(buf->st_mode)`: rend "vrai" s'il s'agit d'un fichier FIFO
- **`S_ISLNK`**`(buf->st_mode)`: rend "vrai" s'il s'agit d'un fichier lien symbolique
- **`S_ISSOCK`**`(buf->st_mode)`: rend "vrai" s'il s'agit d'un fichier socket

L'argument de chacune des macros est le champs **st_mode** de la structure **stat**.

Exemple : Détermination du Type

Programme **affiche_type.c**

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

```
int affiche_type(char *nom_fichier) {
        struct stat buf;
        if (stat(nom_fichier, &buf) == -1) {
                perror(nom_fichier); return 0;
        }
        if (S_ISREG(buf.st_mode))
                printf("Type fichier \"%s\" : regulier.\n", nom_fichier);
        else if (S_ISDIR(buf.st_mode))
                printf("Type fichier \"%s\" : repertoire.\n", nom_fichier);
        else if (S_ISCHR(buf.st_mode))
                printf("Type fichier \"%s\" : special caracteres.\n", nom_fichier);
        else if (S_ISBLK(buf.st_mode))
                printf("Type fichier \"%s\" : special bloc.\n", nom_fichier);
        else if (S_ISFIFO(buf.st_mode))
                printf("Type fichier \"%s\" : fifo.\n", nom_fichier);
        else if (S_ISLNK(buf.st_mode))
                printf("Type fichier \"%s\" : lien symbolique.\n", nom_fichier);
        else if (S_ISSOCK(buf.st_mode))
                printf("Type fichier \"%s\" : socket.\n", nom_fichier);
        return 1;
}
int main(int argc, char* argv[]) {
        int i;
        for (i = 1; i < argc; i++)
                affiche_type(argv[i]);
        return 1;
}
```

Exemple : Détermination du Type

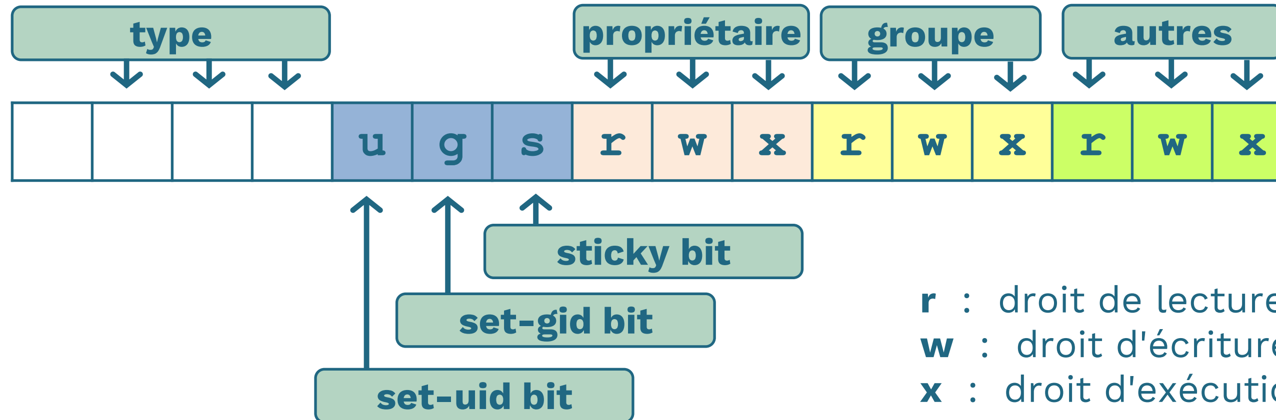
Exécution **affiche_type.c**

```
$ ls -l
total 12
-rw-rw-r-- 1 student student  977  5 août  17:51 affiche_type.c
drwxrwxr-- 2 root    root    4096  2 août  15:11 DONNEES
-rw-rw-r-- 1 student student   71  2 août  15:06 fichier
lrwxrwxrwx 1 student student    4  2 août  15:04 file -> pipe
crw-rw---- 1 root    lp      6, 0  2 août  15:00 lp0
prw-rw---- 1 student student    0  2 août  14:56 pipe
brw-rw---- 1 root    disk    8, 0  2 août  15:05 sda
$
$ gcc affiche_type.c -o affiche_type
$
$ ./affiche_type affiche_type.c DONNEES fichier file lp0 pipe sda
Type fichier "affiche_type.c" : regulier.
Type fichier "DONNEES" : repertoire.
Type fichier "fichier" : regulier.
Type fichier "file" : fifo.
Type fichier "lp0" : special caracteres.
Type fichier "pipe" : fifo.
Type fichier "sda" : special bloc.
$
```

si utilisation de lstat, le résultat aurait été :
`Type fichier "file" : lien symbolique.`

Droits d'Accès aux Fichiers

Champs **st_mode**



r : droit de lecture
w : droit d'écriture
x : droit d'exécution (parcours)

Mode	Description
S_ISUID	set_user_ID on execution
S_ISGID	set-group-ID on execution
S_ISVTX	saved-text (sticky bit)
S_IRWXU	read, write, and execute by user (owner)
S_IRUSR	read by user (owner)
S_IWUSR	write by user (owner)
S_IXUSR	execute by user (owner)

Mode	Description
S_IRWXG	read, write, execute by group
S_IRGRP	read by group
S_IWGRP	write by group
S_IXGRP	execute by group
S_IRWXO	read, write, execute by other (world)
S_IROTH	read by other (world)
S_IWOTH	write by other (world)
S_IXOTH	execute by other (world)

Rappel du rôle du set-uid bit

Lorsque le **set-uid** bit d'un exécutable est positionné, l'utilisateur qui demande son exécution aura comme **UID** effectif l'**UID** du propriétaire de cet exécutable.

Effets du set-uid bit

```
[student]$ id
uid=1011(student) gid=1011(student) groupes=1011(student),10(wheel),18(dialout),1006(vboxsf)
[student]$ ls -l
total 12
-rwxr-xr-x 1 root    root     6762  3 sept. 13:37 affiche_UID
-rw-rw-r-- 1 root    root      152  3 sept. 13:34 affiche_UID.c
[student]$ ./affiche_UID
UID Réel = 1011
UID Effectif = 1011
[student]$
[student]$ sudo ./affiche_UID
UID Réel = 0
UID Effectif = 0
[student]$ sudo chmod u+s affiche_UID
[student]$ ls -l
total 12
-rwsr-xr-x 1 root    root     6762  3 sept. 13:37 affiche_UID
-rw-rw-r-- 1 root    root      152  3 sept. 13:34 affiche_UID.c
[student]$ ./affiche_UID
UID Réel = 1011
UID Effectif = 0
[student]$ sudo ./affiche_UID
UID Réel = 0
UID Effectif = 0
[student]$
```

```
/* Programme affiche_UID.c */
#include <stdio.h>

int main(int argc, char* argv[]) {
    printf("UID Réel = %d\n", getuid());
    printf("UID Effectif = %d\n", geteuid());
    return 1;
```

's' ⇒ droit d'exécution ET set-UID bit positionnés

Le processus s'exécute avec un UID effectif égal à celui du propriétaire (root) de l'exécutable (affiche_UID).

Aucun changement pour le propriétaire de l'exécutable.

Test des Droits d'Accès

Chaque fois qu'un processus ouvre, crée ou supprime un fichier, le noyau procède aux tests suivants :

1. si **ID user effectif** du processus est **0** (super user) l'accès est autorisé,
2. si **ID user effectif** du processus est égal à **ID** propriétaire du fichier :
   a) si le mode d'accès correspond aux droits d'accès propriétaire, l'accès est autorisé,
   b) sinon l'accès est refusé,
3. si **ID groupe effectif** du processus, ou l'un des IDs groupes supplémentaires du processus, est égal à ID groupe du fichier :
   a) si le mode d'accès correspond aux droits d'accès du groupe, l'accès est autorisé,
   b) sinon l'accès est refusé,
4. si le mode d'accès correspond aux droits d'accès des autres, l'accès est autorisé, sinon l'accès est refusé.

Test d'Accessibilité

Test d'accessibilité basé sur les ID utilisateur et de groupe réels

Fichier testé — Vérifications d'accès à effectuer

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

mode	Description
F_OK	teste si le fichier existe
R_OK	teste si le fichier existe **et** autorise la lecture
W_OK	teste si le fichier existe **et** autorise l'écriture
X_OK	teste si le fichier existe **et** autorise l'exécution

Valeur de retour :

- **0** en cas de succès (toutes les permissions demandées sont autorisées),
  ⇒ possibilité de masque contenant plusieurs valeurs du mode (avec des **OU** (**|**) binaires)
- **-1** en cas d'échec (au moins une permission de **mode** est interdite ou d'autres erreurs se sont produites).

Rappel : Le test est effectué avec les **UID** et **GID** réels du processus appelant

Exemple : Test d'Accessibilité

Programme **access.c**

```
int main(int argc, char *argv[]) {
if (argc < 2) {
    printf("Nbr arguments insuffisant !!\n"); return 0; }
if (access(argv[1], F_OK) == 0) {
    printf("Le fichier \"%s\" existe !\n", argv[1]);
    if (access(argv[1], R_OK) == 0) printf("\tLa lecture est autorisée !\n");
    if (access(argv[1], W_OK) == 0) printf("\tL'écriture est autorisée !\n");
    if (access(argv[1], X_OK) == 0) printf("\tL'exécution est autorisée !\n");}
else printf("Le fichier \"%s\" n'existe pas !\n", argv[1]);
return 1;
}
```

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

Exécution de **access.c**

```
[student]$ gcc access.c -o access
[student]$ ls -l
-rwxrwxr-x 1 student student 7082  3 sept. 22:23 access
-rw-rw-r-- 1 student student  563  3 sept. 22:06 access.c
[student]$
[student]$ ./access access.c
Le fichier "access.c" existe !
        La lecture est autorisée !
        L'écriture est autorisée !
[student]$
```

Les Descripteurs Standards

Les fichiers en cours d'accès (ouverts) sont référencés par des descripteurs → table de descripteurs locale à chaque processus (u_ofile)

Descripteurs standards

- **0** (stdin) : flux correspondant à l'entrée standard
- **1** (stdout) : flux correspondant à la sortie standard
- **2** (stderr) : flux correspondant à la sortie d'erreur standard

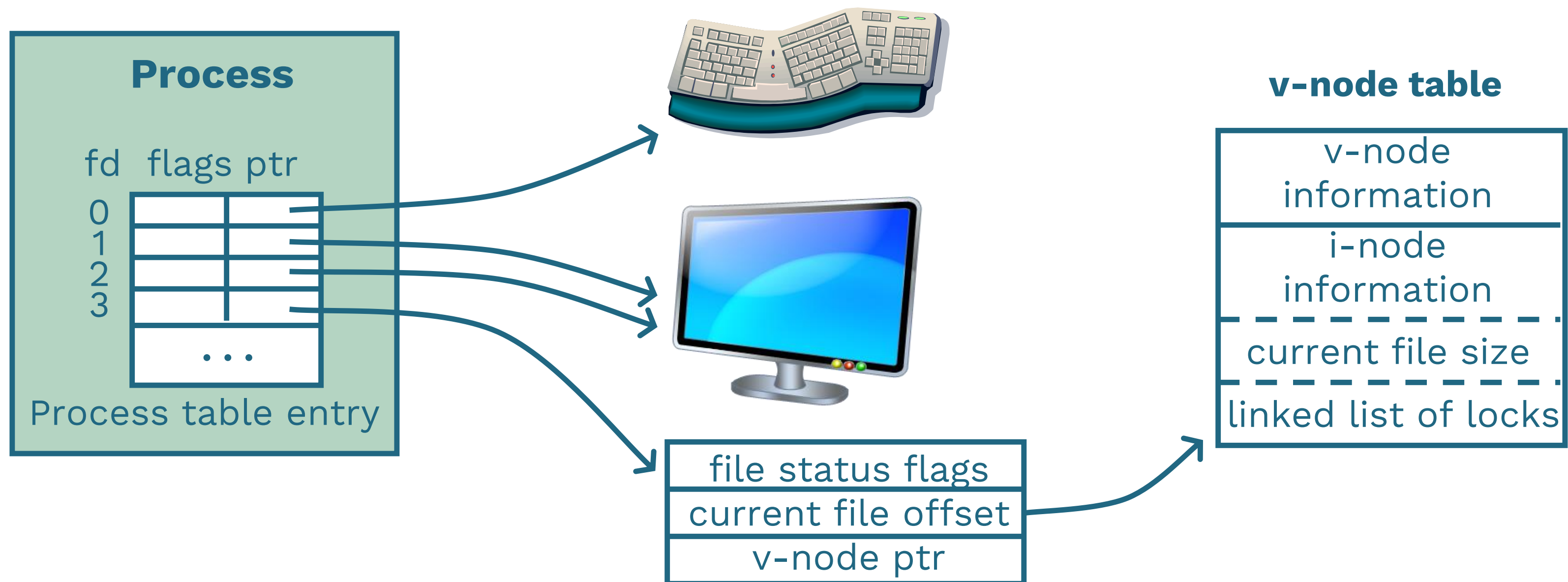
Définition POSIX

`STDIN_FILENO`

`STDOUT_FILENO`

`STDERR_FILENO`

`<unistd.h>`



Exemple : Les Descripteurs Standards

Programme **desc_std.c**

```
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
```

```
int main() {
    int count = 128; char buf[count]; int nb;

    write(STDOUT_FILENO/* ou 1 */, "Entrez texte : \n", strlen("Entrez texte : \n"));
    if ((nb = read(STDIN_FILENO/* ou 0 */, buf, count)) != -1) {
        write(STDOUT_FILENO/* ou 1 */, "Texte lu = ", strlen("Texte lu = "));
        write(STDOUT_FILENO/* ou 1 */, buf, nb);
        return 0;
    } else {
        write(STDERR_FILENO/*ou 2*/,"Erreur Lecture !\n",strlen("Erreur Lecture !\n"));
        return -1;
    }
}
```

Exécution de **desc_std.c**

```
[student]$ gcc desc_std.c -o desc_std
[student]$ ./desc_std
Entrez texte :
Bonjour !↵
Texte lu = Bonjour !
[student]$
[student]$
```

Texte introduit par l'utilisateur avec retour à la ligne suivante

Exécution identique si : STDIN_FILENO = 0
STDOUT_FILENO = 1
STDERR_FILENO = 2

Exécution de **desc_std.c** avec **STDIN_FILENO=3**

```
[if ((nb = read(3, buf, count)) != -1)]
```

```
[student]$ gcc desc_std.c -o desc_std
[student]$ ./desc_std
Entrez texte :
Erreur Lecture !
[student]$ ./desc_std 2> erreur.log
Entrez texte :
[student]$ cat erreur.log
Erreur Lecture !
[student]$
```

Le descripteur '3' n'est pas valide.

Ouverture/Création de Fichiers

Ouverture/création d'un fichier

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

Nom de fichier (→ pathname)

Flags :

Ouverture demandée en lecture seule : **O_RDONLY**
Ouverture demandée en écriture seule : **O_WRONLY**
Ouverture demandée en lecture/écriture : **O_RDWR**
Ajout d'autres flags à l'aide du **OU** binaire (**|**)
Demande de création du fichier s'il n'existe pas : **O_CREAT**
Demande de création du fichier, échec s'il existe déjà : **O_EXCL**
Demande d'ouverture du fichier en mode "ajout" : **O_APPEND**
Si fichier ordinaire et ouvert en écriture, il sera tronqué : **O_TRUNC**
Demande d'ouverture en mode non bloquant : **O_NONBLOCK**
...

Mode : Droits d'accès à attribuer au nouveau fichier : si flag **O_CREAT** utilisé.

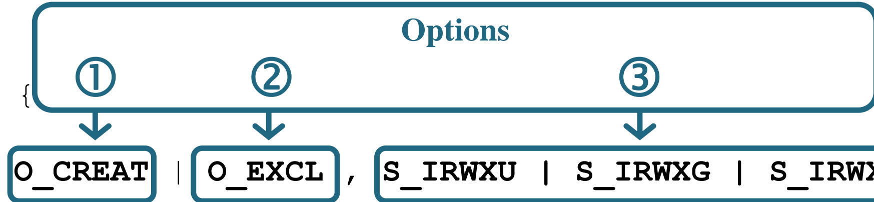
Droits modifiés par le **umask**.

Valeur de retour :

- descripteur local de fichier (entier positif), en cas de succès, (le plus petit descripteur de fichier non actuellement ouvert par le processus)
- **-1** en cas d'échec (et **errno** est modifiée en conséquence).

Exemple : Ouverture/Création de Fichiers

Programme **open.c**




```
int main(int argc, char **argv) {
    int vr;
    vr = open(argv[1], O_RDWR | O_CREAT | O_EXCL, S_IRWXU | S_IRWXG | S_IRWXO );
    if (vr != -1) {
        printf("Valeur de retour open = %d\n", vr);
        return 0;
    }
    else {
        perror("Erreur open ");
        return -1;
    }
}
```

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

Exécution de **open.c**

```
[student]$ ls -l
-rwxrwxr-x 1 student student 6776  5 sept. 14:20 open
-rw-rw-r-- 1 student student  363  5 sept. 14:19 open.c
[student]$ ./open file1
Erreur open : No such file or directory
[student]$ ./open file1 (avec option ① uniquement)
Valeur de retour open = 3
[student]$ ls -l
-r--r-S--- 1 student student    0  5 sept. 14:24 file1
-rwxrwxr-x 1 student student 6776  5 sept. 14:24 open
-rw-rw-r-- 1 student student  363  5 sept. 14:24 open.c
[student]$
```

Droits imprévisibles car le champs mode n'a pas été utilisé.

Exemple : Ouverture/Création de Fichiers

Exécution de **open.c**

```
[student]$ ./open file1 (avec option ② uniquement)
Erreur open : Permission denied
[student]$
[student]$ ./open file1 (avec options ① et ②)
Erreur open : File exists
[student]$
[student]$ rm file1
rm : supprimer fichier vide (protégé en écriture) « file1 » ? y
[student]$ ls -l
total 12
-rwxrwxr-x 1 student student 6776  5 sept. 14:24 open
-rw-rw-r-- 1 student student  363  5 sept. 14:24 open.c
[student]$
[student]$ ./open file1 (avec options ①, ② et ③)
Valeur de retour open = 3
[student]$ ls -l
total 12
-rwxrwxr-x 1 student student    0  5 sept. 14:47 file1
-rwxrwxr-x 1 student student 6776  5 sept. 14:46 open
-rw-rw-r-- 1 student student  359  5 sept. 14:46 open.c
[student]$ umask
0002
[student]
```

Le flag **O_EXCL** n'est pas pris en compte.

Le flag **O_EXCL** est pris en compte car utilisé avec le flag **O_CREAT**.

Suppression du fichier **file1**.

Attribution des bonnes permissions en fonction du **mode** spécifié et de l'**umask**.

L'**umask** interdit le droit d'écriture pour les utilisateurs other.

Lecture/Écriture de Fichiers

Lecture à partir d'un fichier

descripteur du fichier à partir duquel se fait la lecture

```
#include <unistd.h>
        ssize_t read(int fd, void *buf, size_t count);
```

tampon de stockage des octets lus

nombre d'octets à lire

Valeur de retour :

- nombre d'octets lus (**0** en cas de fin de fichier) en cas de succès, et avance la tête de lecture de ce nombre,
- **-1** en cas d'échec (et **errno** est modifiée en conséquence).

Écriture dans un fichier

descripteur du fichier dans lequel se fait l'écriture

```
#include <unistd.h>
        ssize_t write(int fd, const void *buf, size_t count);
```

zone mémoire à partir de laquelle se fait la lecture des octets à écrire dans le fichier

nombre d'octets à écrire

Valeur de retour :

- nombre d'octets écrits (**0** ⇒ aucune écriture) en cas de succès. L'écriture a lieu à la position courante et la tête d'écriture est avancée de ce nombre si l'appel **lseek** est possible pour le fichier,
- **-1** en cas d'échec (et **errno** est modifiée en conséquence).

Exemple : Lecture/Écriture de Fichiers

Programme **read_write.c**

```c
#include <unistd.h>
#include <string.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
```

```c
int main(int argc, char **argv){

    int fd; // variable de sauvegarde du descripteur du fichier
    char c; // variable caractère servant à la lecture/écriture d'un caractère à la fois

    if ( argc < 2 ) {
        write(STDOUT_FILENO, "Nbr arguments insuffisant !\n",
            strlen("Nbr arguments insuffisant !\n"));
        return -1;
    }
    if ( (fd = open(argv[1], O_RDWR | O_CREAT, 0744)) == -1){
        perror("Erreur Ouverture : ");
        return -1;
    }
    write(fd, "Mon premier texte\n", strlen("Mon premier texte\n"));

    write(fd, "ecrit dans un fichier\n", strlen("ecrit dans un fichier\n"));

    while ( read(fd, &c, 1) != 0 )
        write(STDOUT_FILENO, &c, 1);
return 0;
}
```

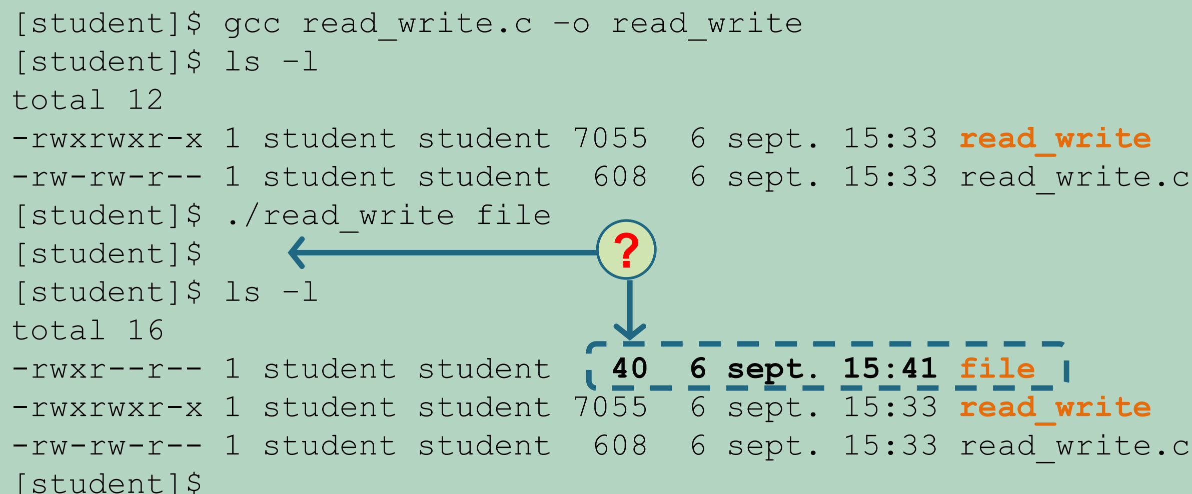
Ouverture en lecture/écriture (après éventuelle création) du fichier dont le nom est passé en paramètre sur la ligne de commande.

Écriture de deux chaînes de caractères dans le fichier.

Lecture depuis le fichier et écriture sur la sortie standard, un caractère à chaque itération, jusqu'à atteindre la fin de fichier.

Exemple : Lecture/Écriture de Fichiers

Exécution de **read_write.c**



```
[student]$ gcc read_write.c -o read_write
[student]$ ls -l
total 12
-rwxrwxr-x 1 student student 7055  6 sept. 15:33 read_write
-rw-rw-r-- 1 student student  608  6 sept. 15:33 read_write.c
[student]$ ./read_write file
[student]$
[student]$ ls -l
total 16
-rwxr--r-- 1 student student   40  6 sept. 15:41 file
-rwxrwxr-x 1 student student 7055  6 sept. 15:33 read_write
-rw-rw-r-- 1 student student  608  6 sept. 15:33 read_write.c
[student]$
```


(mettre en commentaire les 2 instructions write(fd, ...))

```
[student]$
[student]$ gcc read_write.c -o read_write
[student]$ ./read_write file
Mon premier texte
ecrit dans un fichier
[student] cat file
Mon premier texte
ecrit dans un fichier
[student]
```

```
[student] cat -n file
     1  Mon premier texte
     2  ecrit dans un fichier
[student]
```

Fermeture de Fichiers

Un fichier doit être fermé quand on n'y accède plus ou avant la terminaison du processus

descripteur du fichier à fermer

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

La fermeture implique :

- le déréférencement du fichier, le descripteur peut être réutilisé
- les verrous du processus sur le fichier sont supprimés (quel que soit le descripteur qui fut utilisé pour poser ces verrous)
- si ce descripteur est le dernier qui référence un fichier supprimé, alors le fichier est effectivement supprimé.

Valeur de retour :

- **0** en cas de succès,
- **-1** en cas d'échec (et **errno** est modifiée en conséquence).

Pas de vérification de la valeur de retour ⇒ perte silencieuse possible de données (cas de systèmes de fichiers NFS ou d'utilisation de quotas de disques).

Une fermeture sans erreur $\not\Rightarrow$ les données ont été écrites sur le disque (**fsync**).

Exemple : Fermeture de Fichiers

Programme **close.c**

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
```

```
int main(int argc, char **argv){
    int fd; int i = 0;
    fd = open(argv[1], O_RDWR | O_CREAT | O_APPEND, 0744)) == -1)
    while ( i < 100 ){
        write(fd, &i, sizeof(int)); i++;
    }
    if ( close(fd) != 0){
        perror("Erreur Fermeture : "); return -1;
    }
    return 0;
}
```

Ouverture en mode ajout.

Écriture des 100 premiers entiers dans le fichier.

Test de fermeture du fichier.

Exécution de **close.c**

```
[student]$ ./close f_entiers
[student]$ ls -nG
total 12
-rwxrwxr-x 1.. 6915  7 sept. 13:10 close
-rw-rw-r-- 1..  323  7 sept. 13:10 close.c
-rwxr--r-- 1..  400  7 sept. 13:02 f_entiers
[student]$ ./close f_entiers
[student]$ ls -nG
total 12
-rwxrwxr-x 1.. 6915  7 sept. 13:10 close
-rw-rw-r-- 1..  323  7 sept. 13:10 close.c
-rwxr--r-- 1..  800  7 sept. 13:04 f_entiers
[student]$
```

1011

?

```
[student]$ cat f_entiers


 !"#$%&'()*+,-./0123456789
:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ[\]^_`abc


 !"#$%&'()*+,-./0123456789
:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ[\]^_`abc
[student] $
```

?

Manipulation de l'*Offset*

Déplacement de la tête de lecture/écriture d'un fichier régulier

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
      off_t lseek(int fd, off_t offset, int whence);
```

Descripteur du fichier (fd)

Position par rapport à whence. (offset)

SEEK_SET (0) : / au début du fichier
SEEK_CUR (1) : / à la position courante
SEEK_END (2) : / à la fin du fichier

lseek place la tête de lecture/écriture à la position **offset** en fonction de la directive **whence**.

Déplacement possible de la tête de lecture/écriture au-delà de la fin actuelle du fichier :

- la taille du fichier n'est pas modifiée
- si écriture à cet emplacement, une lecture de l'espace intermédiaire retournera des zéros ('**\0**')

Valeur de retour :

- le nouvel emplacement, mesuré en octets depuis le début du fichier, en cas de succès,
- **-1** en cas d'échec (et **errno** est modifiée en conséquence).

Exemple : Fermeture de Fichiers

Programme **lseek.c**

```
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <string.h>
```

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

    if ( (fd=open(argv[1], O_RDWR)) == -1 ){
        perror("Erreur Ouverture\n");
        return -1;
    }
    printf("Nouvelle position  = %d\n", lseek(fd, atoi(argv[2])*1024, SEEK_SET));

    printf("\tValeur Ecriture dans bloc %d = %d\n", atoi(argv[2]),
           write(fd, "debut bloc", strlen("debut bloc")));
    close(fd);
return 0;
}
```

Nom du fichier à ouvrir, passé en 1er paramètre de la ligne de commande.

Déplacement de la tête de L/E en début du bloc de N° argv[2].

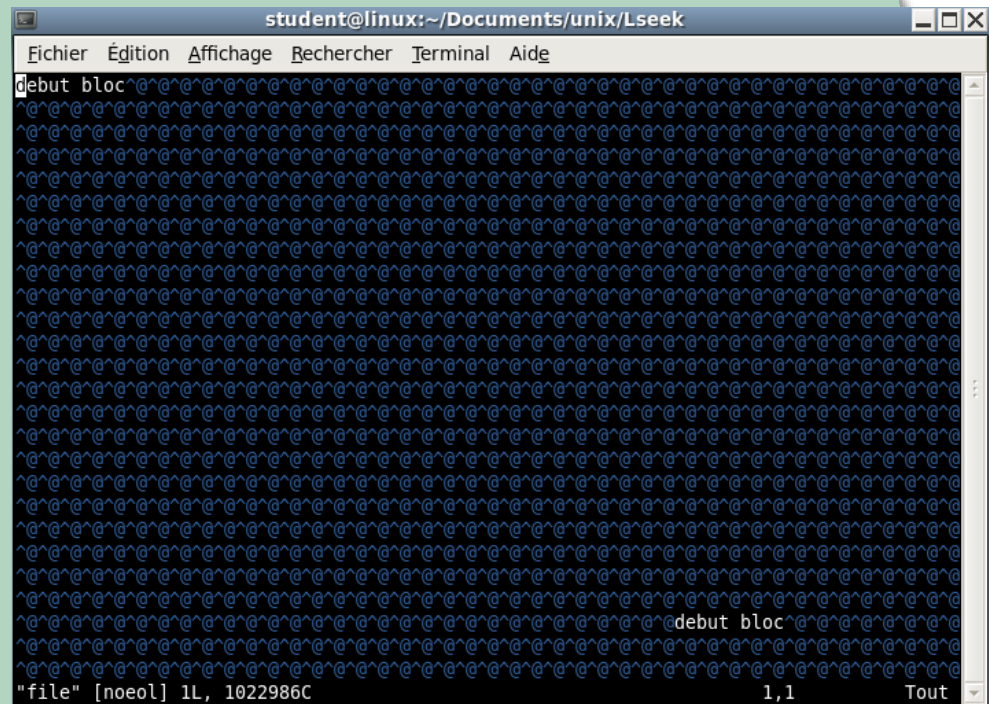
Exécution de **lseek.c**

```
[student]$ touch file
[student]$ ls -nG
-rw-rw-r-- 1 1011   0  8 sept. 12:03 file
[student]$ du file
0         file
[student]$ ~/bin/lseek file 0
Nouvelle position  = 0
          Valeur Ecriture dans bloc 0 = 10
[student]$ ls -nG
-rw-rw-r-- 1 1011  10  8 sept. 12:04 file
[student]$
```

```
[student]$ du file
4         file
[student]$ ~/bin/lseek file 1
Nouvelle position  = 1024
          Valeur Ecriture dans bloc 1 = 10
[student]$ ~/bin/lseek file 2
Nouvelle position  = 2048
          Valeur Ecriture dans bloc 2 = 10
[student]$ ~/bin/lseek file 3
Nouvelle position  = 3072
          Valeur Ecriture dans bloc 3 = 10
[student]$ ls -nG
-rw-rw-r-- 1 1011 3082  8 sept. 12:05 file
[student]$
```

Exemple : Fermeture de Fichiers

Suite de l'exécution de **lseek.c**




```
[student]$ du file
4       file
[student]$ ~/bin/lseek file 4
Nouvelle position  = 4096
      Valeur Ecriture dans bloc 4 = 10
[student]$ du file
8       file
[student]$ ~/bin/lseek file 999
Nouvelle position  = 1022976
          Valeur Ecriture dans bloc 999 = 10
[student]$ ls -nG
-rw-rw-r-- 1 1011 1022986  8 sept. 12:05 file
[student]$ du file
12        file
[student]$ cat file
debut blocdebut blocdebut blocdebut blocdebut blocdebut bloc[student]
```

Duplication de Descripteurs

Duplication de descripteurs de fichiers ouverts

Descripteur de fichier à dupliquer

Copie du descripteur de fichier à dupliquer

```
#include <unistd.h>
        int dup(int oldfd);
        int dup2(int oldfd, int newfd);
```

Les appels dup() et dup2() créent des copies du descripteur oldfd :

- **dup()** utilise le plus petit numéro non utilisé pour le nouveau descripteur
- **dup2()** force **newfd** (en le fermant éventuellement au préalable si en cours d'utilisation) à devenir une copie de **oldfd**

Les appels dup() et dup2() sont utilisés pour rediriger les entrées/sorties standards vers des fichiers ou vers des tubes.

Les deux descripteurs référencent le même fichier et peuvent être utilisés de manière interchangeable :

- ils partagent le même pointeur de position (tête de lecture/écriture) et les flags associés au fichier,
- ils ne partagent pas le flag close-on-exec (**O_CLOEXEC**), désactivé pour le nouveau descripteur.

Valeur de retour :

- le nouvel descripteur, en cas de succès,
- **-1** en cas d'échec (et **errno** est modifiée en conséquence).

Exemple : Fermeture de Fichiers

Programme **dup_dup2.c**

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>
```

```
int main(void) {
    int erreur_fd;

    erreur_fd = open("erreur.log", O_WRONLY | O_CREAT | O_APPEND, 0666);
    close (STDERR_FILENO);

    if (dup(erreur_fd) == -1) {
        perror("dup "); return -1;
    }
    close(erreur_fd);
    if (open("fichier_inexistant", O_RDWR) == -1)
        perror("Erreur Ouverture ");
    if (dup2(STDOUT_FILENO, erreur_fd) == -1) {
        perror("dup2 "); return -1;
    }
    close (STDOUT_FILENO);
    write(erreur_fd, "Fin du processus !\n", strlen("Fin du processus !\n"));
    return (0);
}
```

- `close (STDERR_FILENO);` ← **Fermeture du descripteur STDERR_FILENO.**
- `if (dup(erreur_fd) == -1) {` ← **Duplication du descripteur erreur_fd en choisissant le plus petit numéro non utilisé.**
- `close(erreur_fd);` ← **Fermeture du descripteur erreur_fd, devenu inutile.**
- `if (open("fichier_inexistant", O_RDWR) == -1) perror("Erreur Ouverture ");` ← **On génère volontairement une erreur.**
- `if (dup2(STDOUT_FILENO, erreur_fd) == -1) { perror("dup2 "); return -1;` ← **Duplication du descripteur STDOUT_FILENO en une copie erreur_fd.**
- `close (STDOUT_FILENO);` ← **Fermeture du descripteur STDOUT_FILENO.**
- `write(erreur_fd, ...);` ← **Écriture via le descripteur erreur_fd qui est une copie de STDOUT_FILENO.**

Exécution de **dup_dup2.c**

```
[student]$ ~/bin/dup_dup2
 Fin du processus !
[student]$ ls -nG
-rw-rw-r-- 1 1011   47  8 sept. 14:04 erreur.log
[student]$ cat erreur.log
Erreur Ouverture : No such file or directory
[student]$
```

Le Verrouillage - Caractéristiques

Le verrouillage s'applique au fichier et non à l'un de ses descripteurs

- un verrou posé sur un fichier via un descripteur est "visible" via un autre descripteur de ce même fichier.

Un verrou est associé à un processus et à un fichier

- seul le propriétaire du verrou peut le modifier ou le supprimer,
- lorsqu'un processus se termine, tous les verrous qu'il détient sont supprimés,
- chaque fois qu'un descripteur est fermé par un processus, tous les verrous sur le fichier référencé par le descripteur pour le processus donné sont supprimés.

Héritage des verrous

- les verrous ne sont jamais hérités par les processus fils à travers un **fork()**,
- les verrous peuvent être hérités par un nouveau programme au travers d'un **exec()** (cas de **SVR4** et **4.3+BSD**, **POSIX.1** ne le requiert pas).

La portée du verrou

Le Verrouillage - Compatibilité

Un verrou a un type

- **partagé** (*shared*) : plusieurs verrous de ce type peuvent cohabiter (avoir des portées sur une région commune)
- **exclusif** (*exclusive*) : un verrou de ce type ne peut cohabiter avec aucun autre verrou (exclusif ou partagé)

		Requête pour	
		verrou partagé	verrou exclusif
La région possède déjà	aucun verrou	**OK**	**OK**
	un ou plusieurs verrous partagés	**OK**	**interdit**
	un verrou exclusif	**interdit**	**interdit**

Compatibilité entre les types de verrou

Le Verrouillage : Le Mode Opératoire

Un verrou a un mode opératoire

- **consultatif** (*advisory*) : ce mode opératoire n'a pas d'influence sur les entrées/sorties
- **impératif** (*mandatory*) : ce mode influence les entrées/sorties

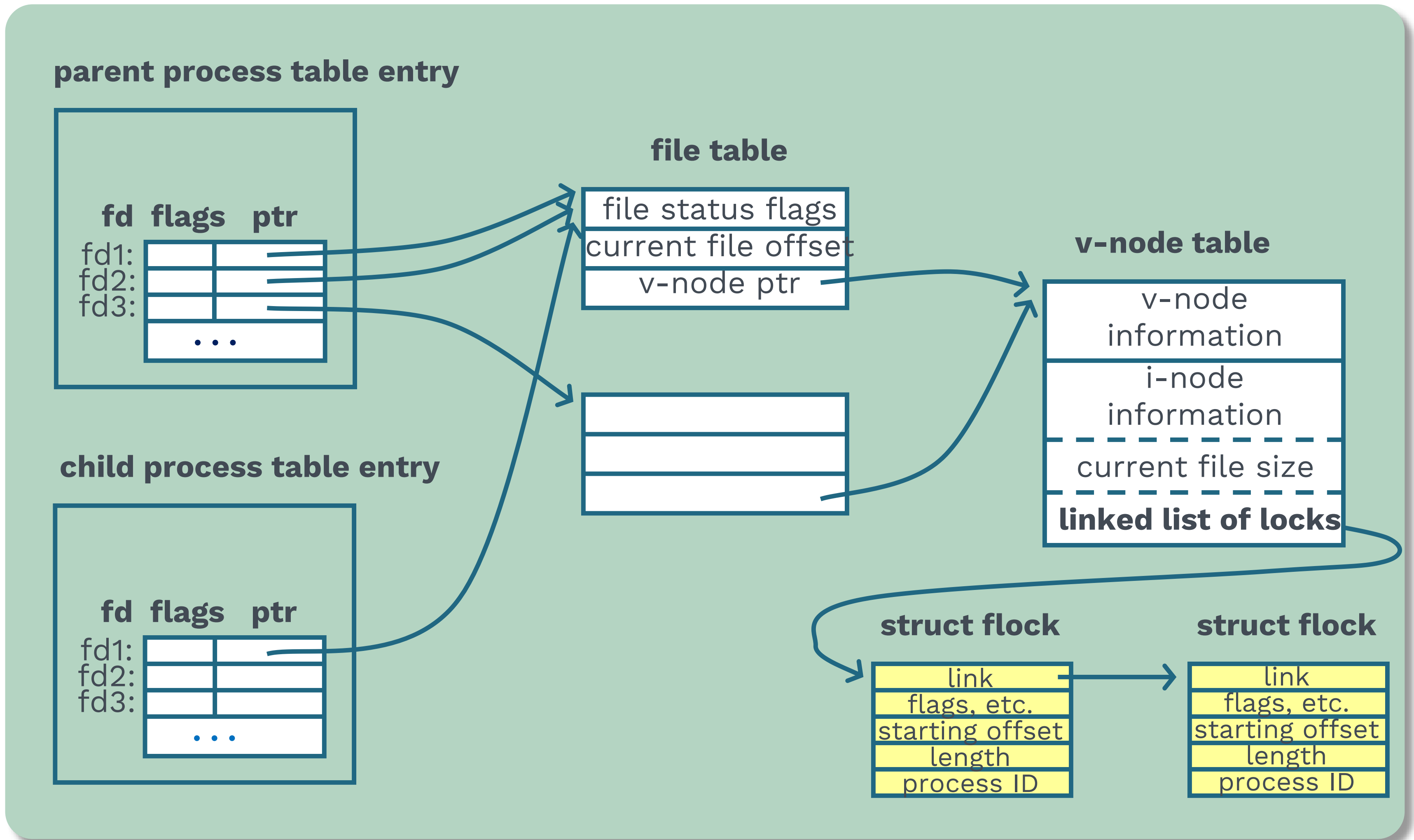
	Descripteur bloquant, tentative de lecture	*Descripteur bloquant, tentative de écriture*	*Descripteur non bloquant, tentative de lecture*	*Descripteur non bloquant, tentative de écriture*
un verrou partagé existe sur la région	**OK**	**bloquée**	**OK**	**EAGAIN**
un verrou exclusif existe sur la région	**bloquée**	**bloquée**	**EAGAIN**	**EAGAIN**

Effets du verrouillage impératif sur les lectures et écritures des autres processus

L'indication du mode opératoire est mémorisée dans les i-nœuds (setgid bit)

- Pour un fichier donné, soit tous les verrous posés sont de type consultatif, soit ils sont tous de type impératif.

Implémentation 4.3+BSD



Les Différentes Formes de Verrouillage

System	Advisory	Mandatory	fcntl	lockf	flock
POSIX.1	▪		▪		
XPG3	▪		▪		
SVR2	▪		▪	▪	
SVR3, SVR4	▪	▪	▪	▪	
4.3BSD	▪				▪
4.3BSD Reno	▪		▪		▪

Advanced Programming in the UNIX Environment, W. Richard Stevens, Addison-Wesley Professional Computing Series

- **flock** : le verrouillage s'applique à la totalité du fichier
- Verrouillage plus fin, voir **fcntl()**

Modification des Caractéristiques d'un Fichier

Réalisation d'opérations diverses sur un descripteur de fichier

```
#include <unistd.h>
#include <fcntl.h>
    int fcntl(int fd, int cmd, … /* arg */);
```

paramètre dont le type dépend de cmd ou void si non nécessaire (→ arg)

(→ cmd)

F_DUPFD : trouver le plus petit numéro de descripteur libre ≥ à **arg**
F_GETFD, F_SETFD : lecture/modification attributs du descripteur (**FD_CLOEXEC**)
F_GETFL, F_SETFL : lecture/modification attributs d'état du fichier (**O_APPEND**, **O_NONBLOCK**, …
F_GETLK, F_SETLK, F_SETLKW : gestion des verrous
F_GETOWN, F_SETOWN : gestion des signaux de disponibilité d'E/S (socket)

La primitive **fcntl** permet, en fonction de la valeur du paramètre **cmd**, de réaliser un certain nombre d'opérations sur le descripteur de fichier **fd**.

Valeur de cmd	Type de arg	Valeur de retour
F_DUPFD	long	le nouveau descripteur
F_GETFD, F_GETFL	void	la valeur des attributs
F_GETOWN	void	le propriétaire du descripteur de fichier
F_SETOWN	long	zéro
F_GETLK, F_SETLK, F_SETLKW	struct flock *	zéro
Toutes (presque) les autres commandes	void	zéro

Verrouillage par la Primitive fcntl()

La primitive **fcntl()** permet, via la pose de verrous, de gérer les accès concurrents (sur des régions/portions de fichiers)

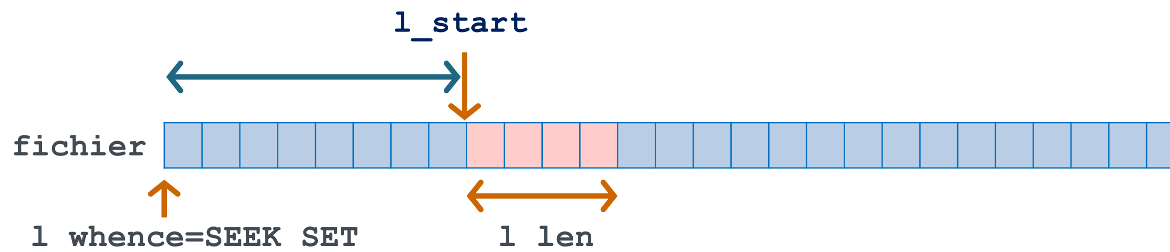
- Le troisième paramètre de la primitive est un pointeur sur une structure **flock**.

```
struct flock {              // défini dans fcntl.h
    short l_type;           // type de verrou :  F_RDLCK partagé, F_WRLCK exclusif,
                            //                   F_UNLCK déverrouillage
    short l_whence;         // position (idem lseek())
    short l_start;          // position relative de début par rapport à l_whence
    short l_len;            // nombre d'octets verrouillés, si 0 ⟹ jusqu'à fin du fichier
    int l_pid;              // PID du processus auquel appartient le verrou. Retourné
                            //        par F_GETLK
}
```

indiquent la région à verrouiller → l_whence, l_start, l_len

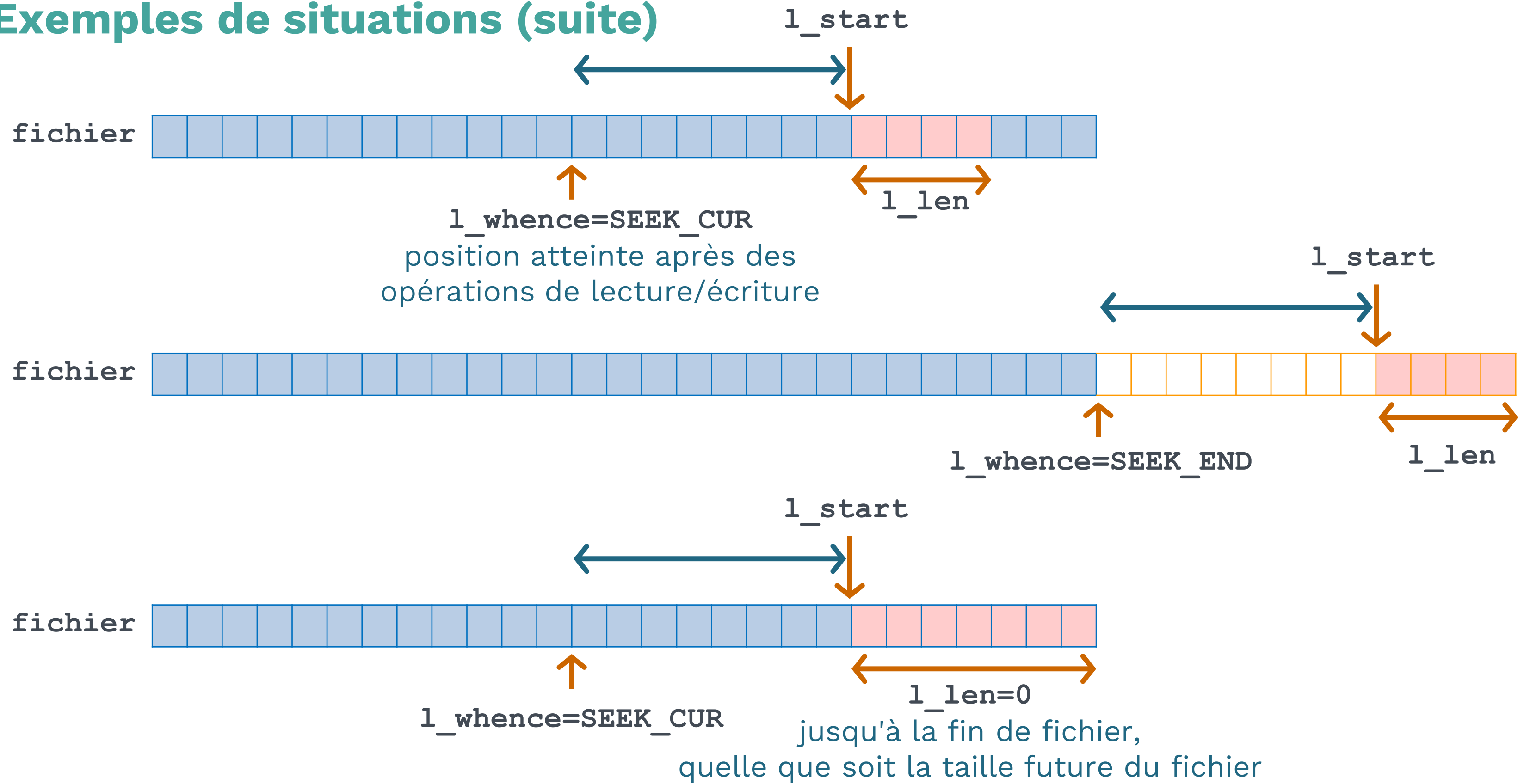
Exemples de situations

- **l_start** = 8, **l_len** = 4



Verrouillage par la Primitive fcntl()

Exemples de situations (suite)



- **POSIX** permet à une implémentation de définir une valeur négative pour **l_len**.
- **Un processus donné ne peut détenir qu'un seul verrou sur une région d'un fichier.**
- **Les situations d'interblocage sont détectées.**

Exemple de Pose de Verrous

Programme **verrou_partage.c**

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

    struct flock verrou = { F_RDLCK, SEEK_SET, 0, 0, 0 };
    printf("Descripteur Ouverture = %d\n", fd = open(argv[1], O_RDONLY));

    if ( fcntl(fd, F_SETLK, &verrou) == -1 ) {
        perror("Erreur pose verrou "); return -1;
    }
    printf("Pose reussie de verrou partage !\n");
    pause();
    return 0;
}
```

l_type · l_whence · l_start · l_len · fonction du verrou à poser

pose du verrou partagé

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

Programme **verrou_exclusif.c**

```
int main(int argc, char * argv[]) {
    int fd;
    struct flock verrou = { F_WRLCK, SEEK_SET, 0, 0, 0 };
    printf("Descripteur Ouverture = %d\n", fd = open(argv[1], O_WRONLY));

    while ( fcntl(fd, F_SETLK, &verrou) == -1 ) {
        perror("Erreur pose verrou "); sleep(1);
    }
    printf("Pose reussie de verrou exclusif !\n");
    pause();
    return 0;
}
```

pose du verrou exclusif

Exemple de Pose de Verrous

Exécution de **verrou_partage.c**

```
[student]$ ls -nG
-rw-rw-r-- 1 1011   87  8 sept. 22:08 file
[student]$ ./verrou_partage file
Descripteur Ouverture = 3
Pose reussie de verrou partage !
```

```
^C
[student]$
```

Exécution de **verrou_exclusif.c**

```
[student]$
[student]$
[student]$
[student]$ ./verrou_exclusif file
Descripteur Ouverture = 3
PB Pose : Resource temporarily unavailable
PB Pose : Resource temporarily unavailable
PB Pose : Resource temporarily unavailable
PB Pose : Resource temporarily unavailable
PB Pose : Resource temporarily unavailable
Pose reussie de verrou exclusif !
^C
[student]$
```

Scénario 1 : **verrou_partage** est exécuté en premier

Scénario 2 : **verrou_exclusif** est exécuté en premier

```
[student]$
[student]$ ./verrou_partage file
Descripteur Ouverture = 3
PB Pose : Resource temporarily unavailable
[student]$
```

```
[student]$ ./verrou_exclusif file
Descripteur Ouverture = 3
Pose reussie de verrou exclusif !
^C
[student]$
```

Exemple de Pose de Verrous

Programme **verrou_partage.c** (utilisation de **SETLKW**)

```
int main(int argc, char * argv[]) {
    int fd; struct flock verrou = { F_RDLCK, SEEK_SET, 0, 0, 0 };
    printf("Descripteur Ouverture = %d\n", fd = open(argv[1], O_RDONLY));
    if ( fcntl(fd, F_SETLKW, &verrou) == -1 ) {
        perror("Erreur pose verrou "); return -1; }
    printf("Pose reussie de verrou partage !\n");
    pause(); return 0;
}
```

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

Programme **verrou_exclusif.c** (sans attente active, utilisation de **SETLKW**)

```
int main(int argc, char * argv[]) {
    int fd; struct flock verrou = { F_WRLCK, SEEK_SET, 0, 0, 0 };
    printf("Descripteur Ouverture = %d\n", fd = open(argv[1], O_WRONLY));
    if ( fcntl(fd, F_SETLKW, &verrou) == -1 ) {
        perror("Erreur pose verrou "); return -1; }
    printf("Pose reussie de verrou exclusif !\n");
    pause(); return 0;
}
```

```
[student]$ ./verrou_partage file
Descripteur Ouverture = 3
Pose reussie de verrou partage !
^C
[student]$
```

```
[student]$
[student]$ ./verrou_exclusif file
Descripteur Ouverture = 3
```

```
Pose reussie de verrou exclusif !
^C
[student]$
```

Algorithme de Lecture/Écriture

depuis/dans un fichier ordinaire avec la primitive read/write

Opération de lecture

Il n'existe pas de verrou exclusif impératif sur le fichier dans la portée de la lecture

- Si non fin de fichier, lecture nombre spécifié de caractères ou jusqu'à la fin du fichier
- Si fin de fichier, aucune lecture (0 en retour)

Il existe un verrou exclusif impératif sur le fichier dans la portée de la lecture

- Si mode de lecture bloquant (O_NONBLOCK et O_NDELAY non positionnés), processus bloqué jusqu'à suppression du verrou ou réception signal
- Si mode de lecture non bloquant (O_NONBLOCK ou O_NDELAY positionnés), retour immédiat et pas de lecture (-1 en retour et errno = EAGAIN)

Opération d'écriture

Il n'existe pas de verrou impératif (partagé ou exclusif) sur le fichier dans la portée de l'écriture

- Écriture dans le fichier (nombre caractères écrits en retour)
- Si l'indicateur O_SYNC non positionné alors écriture dans le cache du noyau, sinon écriture sur le disque

Il existe un verrou impératif (partagé ou exclusif) sur le fichier dans la portée de l'écriture

- Si mode d'écriture bloquant (O_NONBLOCK et O_NDELAY non positionnés), processus bloqué jusqu'à suppression du verrou ou réception signal
- Si mode d'écriture non bloquant (O_NONBLOCK ou O_NDELAY positionnés), retour immédiat et pas d'écriture (-1 en retour et errno = EAGAIN)

Modification de l'Attribut d'un Descripteur de Fichier

Fermeture d'un descripteur lors d'un recouvrement (primitives exec)

- La valeur, par défaut, de l'indication (**FD_CLOEXEC**) de fermeture automatique ou de maintien de l'ouverture d'un descripteur lors d'un recouvrement correspond à un maintien de l'ouverture.
- Cet état peut être modifié après coup (si non spécifié à l'ouverture du fichier)

Programme **coe_proc1.c**

```
int main(int argc, char **argv) {
    int fd;
    printf("Desc. Proc1 = %d\n", fd = open(argv[1], O_WRONLY | O_CREAT | O_APPEND, 0666));
    write(fd, "Ecrit par Proc1\n", strlen("Ecrit par Proc1\n"));
    if (execl("coe_proc2", "coe_proc2", NULL) == -1) {
        perror("Erreur Exec Proc1");
    return -1;
    }
return 0;
}
```

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

Programme **coe_proc2.c**

```
int main(int argc, char **argv) {
    if (write(3, "Ecrit par Proc2\n", strlen("Ecrit par Proc2\n"))
        perror("Erreur Ecriture Proc2 "); return -1;
    }
    close(3);
return 0;
}
```

```
#include <unistd.h>
#include <string.h>
```

Exemple : Modification de l'Attribut d'un fd

Exécution de **coe_proc1.c**

```
[student]$ gcc coe_proc2.c -o coe_proc2
[student]$ gcc coe_proc1.c -o coe_proc1
[student]$ ./coe_proc1 file
Desc. Proc1 = 3
[student]ls -l
-rw-rw-r-- 1 student student    32  9 sept. 09:42 file
[student]$ cat file
Ecrit par Proc1
Ecrit par Proc2
[student]
```

Modification de **coe_proc1.c** (positionnement de **FD_CLOEXEC** du descripteur après ouverture du fichier)

```
…
    write(fd, "Ecrit par Proc1\n", strlen("Ecrit par Proc1\n"));

        int attr_fd;

        attr_fd = fcntl(fd, F_GETFD);

        attr_fd = attr_fd | FD_CLOEXEC;

        fcntl(fd, F_SETFD, attr_fd);

    if (execl("coe_proc2", "coe_proc2", NULL) == -1) {
…
```

Partie ajoutée à coe_proc1.c

- `attr_fd = fcntl(fd, F_GETFD);` ← **récupère les attributs du descripteur fd**
- `attr_fd = attr_fd | FD_CLOEXEC;` ← **positionnement de l'indicateur**
- `fcntl(fd, F_SETFD, attr_fd);` ← **maj des nouveaux attributs**

Exemple : Modification de l’Attribut d’un fd

Exécution de **coe_proc1.c** (après modification)

```
[student]$ gcc coe_proc1.c -o coe_proc1
[student]$ ./coe_proc1 file
Desc. Proc1 = 3
Erreur Ecriture Proc2 : Bad file descriptor
[student]$ cat file
Ecrit par Proc1
[student]
```

L'attribut **FD_CLOEXEC** du descripteur aurait pu être positionné à l'ouverture du fichier (primitives **open()**)

Modification de coe_proc1.c (positionnement de **O_CLOEXEC** du descripteur à l'ouverture du fichier)

```
…
printf("Desc. Proc1 = %d\n", fd = open(argv[1], O_WRONLY | O_CREAT | O_APPEND
        | O_CLOEXEC, 0666));
…
```

Exécution de **coe_proc1.c** (après modification)

```
[student]$ gcc coe_proc1.c -o coe_proc1
[student]$ ./coe_proc1 file
Desc. Proc1 = 3
Erreur Ecriture Proc2 : Bad file descriptor
[student]$ cat file
Ecrit par Proc1
[student]
```

Modification des Attributs d'États d'un Fichier

Rendre les entrées/sorties non bloquantes

- La valeur, par défaut, de l'indication (**O_NDELAY** ou **O_NONBLOCK** - POSIX) d'entrée/sortie en mode bloquant ou non bloquant correspond à un mode bloquant.
- Cet état peut être modifié après coup (si non spécifié à l'ouverture du fichier)

Programme **es_block.c**

```
#include <fcntl.h>
```

```
int main() {
    int n; char buf[128];

    while (1) {
        if ((n = read(STDIN_FILENO, buf, sizeof(buf))) != -1)
            write(STDOUT_FILENO, buf, n);
        else
            perror("Erreur lecture ");
    }
}
```

Exécution de **es_block.c**

```
[student]$ gcc es_block.c -o es_block
[student]$ ./es_block
Bonjour
Bonjour
Au revoir
Au revoir
^C
[student]$
```

introduits par l'utilisateur

affichés par le processus

À chaque appel à read(), le processus est en attente d'introduction de données au clavier.

Exemple : Modification des Attributs d'États

Programme **es_nonblock.c** (modification de **es_block.c** pour des entrées/sorties non bloquantes)

```
#include <unistd.h>
#include <fcntl.h>
```

```
int main() {
    int n; char buf[128];
    int mode_courant, mode_non_bloquant;
    mode_courant = fcntl(STDIN_FILENO, F_GETFL);

    mode_non_bloquant = mode_courant | O_NONBLOCK;

    fcntl(STDIN_FILENO, F_SETFL, mode_non_bloquant);
    while (1) {
        if ((n = read(STDIN_FILENO, buf, sizeof(buf))) != -1)
            write(STDOUT_FILENO, buf, n);
        else {
            perror("Erreur lecture "); sleep(10);
        }
    }
```

- **récupération de l'état de STDIN_FILENO**
- **modification du mode des entrées standards**
- **forcer les entrées standards à être réalisées en mode non bloquant**

Exécution de **es_nonblock.c**

```
[student]$ ./es_nonblock
Erreur lecture : Resource temporarily unavailable
Erreur lecture : Resource temporarily unavailable
Bonjour
Bonjour
Erreur lecture : Resource temporarily unavailable
Au revoir
Au revoir
Erreur lecture : Resource temporarily unavailable
^C
[student]
```

laps de temps entre l'introduction par l'utilisateur et l'affichage par le processus (sleep())

À chaque appel à read(), le processus passe à l'instruction suivante si aucune donnée n'est disponible (pas d'attente).

Modification des Attributs d'États d'un Fichier

Forcer (après coup) les écritures à se faire en fin de fichier

- La valeur, par défaut, de l'indication (**O_APPEND**) d'écriture en mode ajout (en fin de fichier) ou non correspond à ce dernier mode.
- Cet état peut être modifié après coup (si non spécifié à l'ouverture du fichier)

Programme **ecriture.c**

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <string.h>
```

```
int main(int argc, char **argv) {
    int fd;

    fd = open(argv[1], O_RDWR);
    write(fd, "22222", strlen("22222"));
    write(fd, "22222", strlen("22222"));
}
```

Exécution de **ecriture.c**

```
[student]$ cat file
1111111111[student]$ gcc ecriture.c -o ecriture
[student]$ ./ecriture file
[student]$ cat file
2222222222[student]$
```

Les données contenues dans le fichier file sont "écrasées" par les nouvelles données écrites par le processus.
Le fichier ne change pas de taille.

Exemple : Modification des Attributs d'États

Programme **ecriture_ajout.c** (modification de **ecriture.c** pour une écriture dans le fichier en mode ajout (à partir de la fin du fichier))

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <string.h>
```

```
int main(int argc, char **argv) {
    int fd;
    int ajout_pos_courante, ajout_fin;

    fd = open(argv[1], O_RDWR);

    ajout_pos_courante = fcntl(fd, F_GETFL);

    ajout_fin = ajout_pos_courante | O_APPEND;

    fcntl(fd, F_SETFL, ajout_fin);

    write(fd, "22222", strlen("22222"));
    write(fd, "22222", strlen("22222"));
}
```

- **récupération du mode d'ouverture**
- **modification du mode d'écriture**
- **forcer les écritures à être réalisées en fin de fichier**

Exécution de **ecriture_ajout.c**

```
[student]$ cat file
1111111111[student]$ gcc ecriture_ajout.c -o ecriture_ajout
[student]$ ./ecriture_ajout file
[student]$ cat file
11111111112222222222[student]$
```

Les nouvelles données sont écrites à partir de la fin du fichier, préservant ainsi celles déjà contenues.

Exemple : Modification des Attributs d'États

Forcer les écritures en fin de fichier peut se faire à tout moment et n'importe où.

Programme **ecriture_ajout.c** (nouvelle modification)

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <string.h>
```

```
int main(int argc, char **argv) {
    int fd;
    int ajout_pos_courante, ajout_fin;
    fd = open(argv[1], O_RDWR);
    write(fd, "22222", strlen("22222"));
    ajout_pos_courante = fcntl(fd, F_GETFL);
    ajout_fin = ajout_pos_courante | O_APPEND;
    fcntl(fd, F_SETFL, ajout_fin);
    write(fd, "22222", strlen("22222"));
}
```

première écriture

Modifications des attributs

deuxième écriture

Exécution de **ecriture_ajout.c**

```
[student]$ cat file
1111111111[student]$ ./ecriture_ajout file
[student]$ cat file
2222211111222222[student]$
```

Modification des attributs d'états entre les deux écritures.

L'attribut **O_APPEND** du descripteur aurait pu être positionné à l'ouverture du fichier.

Modification de **ecriture_ajout.c** (positionnement de **O_APPEND** à l'ouverture) : `fd = open(argv[1], O_RDWR | O_APPEND );`

Ouverture/Fermeture des Répertoires

Ouverture d'un répertoire

nom du répertoire

```
#include <dirent.h>
        DIR *opendir(const char *pathname);
```

Ouvre un flux répertoire correspondant au répertoire référencé par **pathname** et renvoie un pointeur sur ce flux.

Valeur de retour :

- un pointeur vers le flux répertoire, en cas de succès,
- **NULL** en cas d'échec (et **errno** est modifiée en conséquence).

Fermeture d'un répertoire

pointeur rendu par opendir() lors de l'ouverture

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

Libère les ressources allouées lors de l'appel à opendir().

Valeur de retour :

- **0**, en cas de succès,
- **-1** en cas d'échec (et **errno** est modifiée en conséquence).

Manipulation des Répertoires

Lecture d'une entrée de répertoire

pointeur rendu par opendir() lors de l'ouverture

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

Lecture de l'entrée suivante dans le répertoire référencé par dirp.

Valeur de retour :

- un pointeur vers une structure **dirent**, en cas de succès,
- **NULL** en fin de fichier ou en cas d'échec (et **errno** est modifiée en conséquence).

```
struct dirent {
    ino_t d_ino;                  // i-node number
    off_t d_off;                  // offset to this dirent
    unsigned short d_reclen;      // length of this d_name
    char d_name [NAME_MAX+1];     // null-terminated filename
    unsigned short d_type         // type
}
```

Repositionnement du pointeur de lecture

pointeur rendu par opendir() lors de l'ouverture

```
#include <dirent.h>
        void rewinddir(DIR *dirp);
```

- Ne renvoie pas de valeur.

Exemple de Manipulation de Répertoires

Programme **affiche_rep.c**

```
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>
#include <stdio.h>

int main(int argc, char **argv) {
    DIR *dirp;
    struct dirent *dire;

    if ((dirp = opendir(argv[1])) == NULL) {
        perror("Erreur Ouverture ");
        return -1;
    }
    while ((dire = readdir(dirp)) != NULL) {
        if (strcmp(dire->d_name, ".") == 0 || strcmp(dire->d_name, "..") == 0)
            continue;
        printf("fichier trouvé : %s\t de type : %d\n", dire->d_name, dire->d_type);
    }
    rewinddir(dirp);
    while ((dire = readdir(dirp)) != NULL) {
        if (strcmp(dire->d_name, ".") == 0 || strcmp(dire->d_name, "..") == 0)
            continue;
        printf("fichier trouvé : %s\t de type : %d\n", dire->d_name, dire->d_type);
    }
    closedir(dirp);
    return 0;
}
```

réinitialise la position du pointeur du flux dirp au début du répertoire

Exemple de Manipulation de Répertoires

Exécution de **affiche_rep.c**

```
[student]$ ls -l ../../TESTS/
total 8
drwxrwxr-- 2 root    root    4096  2 sept. 15:10 DONNEES
-rw-rw-r-- 1 student student   71  2 août  15:06 fichier
lrwxrwxrwx 1 student student    4  2 août  15:04 file -> pipe
crw-rw---- 1 root    lp      6, 0  2 août  15:00 lp0
prw-rw-r-- 1 student student    0  2 août  14:56 pipe
brw-rw---- 1 root    disk    8, 0  2 août  15:05 sda
[student]$ gcc affiche_rep.c -o affiche_rep
[student]$ ./affiche_rep ../../TESTS/
fichier trouvé : DONNEES        de type : 4
fichier trouvé : pipe           de type : 1
fichier trouvé : file           de type : 10
fichier trouvé : lp0            de type : 2
fichier trouvé : fichier        de type : 8
fichier trouvé : sda            de type : 6
fichier trouvé : DONNEES        de type : 4
fichier trouvé : pipe           de type : 1
fichier trouvé : file           de type : 10
fichier trouvé : lp0            de type : 2
fichier trouvé : fichier        de type : 8
fichier trouvé : sda            de type : 6
[student]$
```

Création et Suppression de Répertoires

Création de répertoire

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

nom du répertoire (pathname)

permissions à appliquer au répertoire (modifées par umask du processus) (mode)

Crée un nouveau répertoire vide nommé **pathname**. Les entrées "." et ".." sont automatiquement créées.

Valeur de retour :

- **0**, en cas de succès,
- **-1** en cas d'échec (et **errno** est modifiée en conséquence).

Suppression de répertoire

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

nom du répertoire (pathname)

Le répertoire doit être vide.

Valeur de retour :

- **0**, en cas de succès,
- **-1** en cas d'échec (et **errno** est modifiée en conséquence).

Propriété des Nouveaux Fichiers et Répertoires

Les règles de la propriété d'un nouveau répertoire sont identiques à celles de la propriété d'un nouveau fichier.

- L'identifiant utilisateur (**UID**) d'un nouveau fichier est établi à l'identifiant utilisateur effectif (**EUID**) du processus.
- POSIX.1 permet à toute implémentation de choisir l'une des deux options suivantes pour déterminer l'identifiant de groupe (**GID**) d'un nouveau fichier :
  - l'identifiant de groupe d'un nouveau fichier peut être l'identifiant de groupe effectif (**EGID**) du processus,
  - l'identifiant de groupe d'un nouveau fichier peut être l'identifiant de groupe (**GID**) du répertoire dans lequel le fichier est créé.

SVR4

set-group-ID du répertoire parent positionné	→ ID de groupe du répertoire parent
sinon	→ ID de groupe effectif du processus

(Héritage du set-gid-bit du parent pour le nouveau répertoire suite à un mkdir(...))

4.3+BSD

Utilise toujours l'identifiant de groupe du répertoire parent

Exemple Création/Suppression de Répertoires

Programme **cree_rep.c**

```
int main(int argc, char **argv) {
    DIR *dirp;
    struct dirent *dire;

    if (mkdir(argv[1], 0777) == -1) {
        perror("Erreur Creation ");
        return -1;
    }
    if ((dirp = opendir(argv[1])) == NULL) {
        perror("Erreur Ouverture ");
        return -1;
    }
    while ((dire = readdir(dirp)) != NULL) {
        printf("fichier trouvé : %s\t de type : %d\n", dire->d_name, dire->d_type);
    }
    closedir(dirp);
    return 0;
}
```

```
#include <sys/stat.h>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
#include <dirent.h>
#include <stdio.h>
```

Programme **suppr_rep.c**

```
int main(int argc, char **argv) {
    if (rmdir(argv[1]) == -1) {
        perror("Erreur Suppression ");
        return -1;
    }
    return 0;
}
```

Exemple Création/Suppression de Répertoires

Exécution de **cree_rep.c** et **suppr_rep.c**

```
[student]$ ls -ld REPERTOIRE
ls: impossible d'accéder à REPERTOIRE: Aucun fichier ou dossier de ce type
[student]$ gcc cree_rep.c -o cree_rep
[student]$ ./cree_rep REPERTOIRE
fichier trouvé : ..  de type : 4
fichier trouvé : .   de type : 4
[student]$ ls -ld REPERTOIRE
drwxrwxr-x 2 student student 4096  9 sept. 18:00 REPERTOIRE
[student]$ touch REPERTOIRE/file
[student]$ ls -l REPERTOIRE
total 0
-rw-rw-r-- 1 student student 0  9 sept. 18:00 file
[student]$ gcc suppr_rep.c -o suppr_rep
[student]$ ./suppr_rep REPERTOIRE/
Erreur Suppression : Directory not empty
[student]$ \rm REPERTOIRE/file
[student]$ ls -l REPERTOIRE
total 0
[student]$ ./suppr_rep REPERTOIRE/
[student]$ ls -ld REPERTOIRE
ls: impossible d'accéder à REPERTOIRE: Aucun fichier ou dossier de ce type
[student]$
```