M2101 - Architecture 2

Cours n°2

Appels Systèmes et Entrée/Sortie

Victor Poupet

Le système d'exploitation

- Le système d'exploitation (OS) est le premier programme exécuté au démarrage de l'ordinateur
- C'est l'OS qui gère toute l'activité de l'ordinateur (mémoire, utilisateurs, processeur, périphériques, réseau, etc.)
- En cours : *Unix* (mais les autres sont similaires)
- Les programmes communiquent avec l'OS par l'intérmédiaire d'*appels systèmes* (*system call*)

Appels systèmes

Les appels systèmes ressemblent à des procédures (appels de fonction), avec toutefois des différences importantes :

- Les appels systèmes sont très coûteux en ressources :
  - le système sauvegarde l'état
  - l'OS prend le contrôle du CPU
  - l'OS exécute une tâche spécifique
  - l'OS sauvegarde son état
  - le contrôle est rendu au processus qui a lancé l'appel
- Les appels systèmes dépendent du système d'exploitation
  - Il ne faut pas les utiliser directement si le programme doit être portable
  - La réalisation détaillée d'un appel système demande une connaissance précise des registres du processeur
  - Il faut être très prudent pour ne pas provoquer d'erreurs
- En général, on ne lance pas d'appel système directement, mais on utilise une fonction (la plupart du temps dans la distribution C) qui se charge de faire l'appel

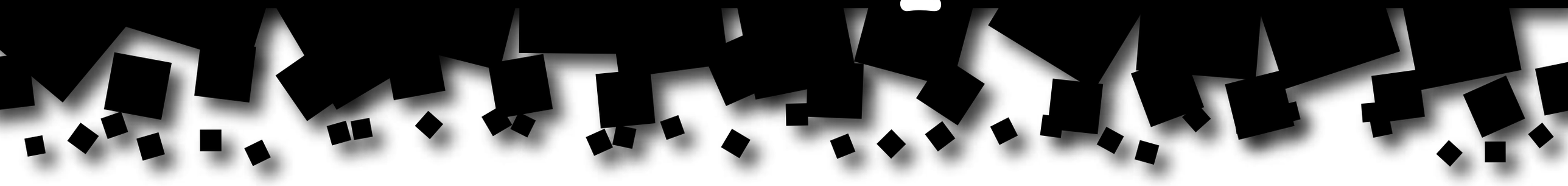
Entrée/Sortie

```
int open(char *path, int flags[, int
mode]);
int close(int fd);
int read(int fd, char *buf, int
size);
int write(int fd, char *buf, int
size);
off_t lseek(int fd, off_t offset,
int whence);
```

Il existe 5 appels systèmes principaux pour manipuler des fichiers.

- ressemblent à des procédures, mais sont envoyés directement au système
- souvent on utilise des fonctions qui font un appel système (ex : `fopen` qui appelle `open`)
- les entrées/sorties sont gérées par l'OS pour éviter que des erreurs dans les programmes aient des conséquences sur le système de fichiers
- chaque appel est décrit dans sa page de manuel (ex : `man 2 open`)

man 2 open



OPEN(2) BSD System Calls Manual OPEN(2)

NAME

open -- open or create a file for reading or writing

SYNOPSIS

```
#include <fcntl.h>

int open(const char *path, int oflag, ...);
```

DESCRIPTION

The file name specified by path is opened for reading and/or writing, as specified by the argument oflag; the file descriptor is returned to the calling process.

The oflag argument may indicate that the file is to be created if it does not exist (by specifying the O_CREAT flag). In this case, open requires a third argument mode_t mode; the file is created with mode
mode as described in chmod(2) and modified by the process' umask value (see umask(2)).

The flags specified are formed by or'ing the following values:

Open

```
int open(char *path, int flags[, int
mode]);
```

```
#include <fcntl.h>

main()
{
  int fd;

  fd = open("test.txt", O_RDONLY);
  printf("%d\n", fd);
}
```

L'appel **open** sert à demander l'accès à un fichier

- **path** indique le chemin du fichier
- **flags** indique comment on veut manipuler le fichier
- **mode** définit les permissions à donner en cas de création d'un nouveau fichier
- le résultat est un entier correspondant à un *descripteur de fichier* (ou -1 en cas d'erreur)

Tous les autres appels utilsent un descripteur de fichier, il est donc nécessaire d'ouvrir un fichier

Open (flags)

```
O_RDONLY open for reading only
O_WRONLY open for writing only
O_RDWR open for reading and writing
O_NONBLOCK do not block on open or
for data to become available
O_APPEND append on each write
O_CREAT create file if it does not
exist
O_TRUNC truncate size to 0
O_EXCL error if O_CREAT and the file
exists
O_SHLOCK atomically obtain a shared
lock
O_EXLOCK atomically obtain an ex-
clusive lock
O_NOFOLLOW do not follow symlinks
O_SYMLINK allow open of symlinks
O_EVTONLY descriptor requested for
event notifications only
O_CLOEXEC mark as close-on-exec
```

- L'argument **`flags`** est un **`ou`** bit-à-bit de valeurs
- Les valeurs possibles sont définies dans **`/usr/include/sys/fcntl.h`**

Close

```
int close(int fd);
```

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

main()
{
  int fd1, fd2;

  fd1 = open("test.txt", O_RDONLY);
  if (fd1 < 0) {
    exit(1);
  }

  fd2 = open("test.txt", O_RDONLY);
  if (fd2 < 0) {
    exit(1);
  }

  if (close(fd1) < 0) {
    exit(1);
  }
}
```

L'appel **`close`** permet de libérer un descripteur de fichier

- Le résultat est 0 en cas de réussite, -1 en cas d'erreur
- Les descripteurs de fichier sont tous libérés à la fin d'un processus
- Le nombre de fichiers ouverts par un processus est limité (dépend du système, varie d'une centaine à plusieurs milliers)

Read

```
int read(int fd, char *buf, int
size);
```

```
int main() {
  char *c;
  int fd, sz;
  c = (char *) malloc(11 *
sizeof(char));

  fd = open("test.txt", O_RDONLY);
  if (fd < 0) {
    exit(1);
  }

  do {
    sz = read(fd, c, 10);
    c[sz] = '\0';
    printf("lu: %s\n", c);
  } while (sz == 10);

  close(fd);
}
```

L'appel **read** sert à lire des octets dans un fichier

- **fd** est le descripteur du fichier à lire
- **buf** est un pointeur vers un tableau où mettre les caractères lus
- **size** est le nombre d'octets à lire
- le résultat est le nombre d'octets effectivement lus (peut être inférieur à **size** si on est en fin de fichier)

Write

```
int write(int fd, char *buf, int
size);
```

```
int main() {
  int fd, sz;
  char *txt;

  fd = open("test.txt", O_WRONLY |
O_CREAT | O_TRUNC, 0644);
  if (fd < 0) {
    exit(1);
  }

  texte = "Bonjour\n";
  sz = write(fd, txt, strlen(txt));

  close(fd);
}
```

L'appel write permet d'écrire des octets dans un fichier

- `fd` est le descripteur du fichier où écrire
- `buf` est un pointeur vers un tableau de caractères à écrire
- `size` correspond au nombre de caractères du tableau `buf` à écrire
- le résultat est le nombre d'octets effectivement écrits (devrait toujours être égal à `size`)

Pointeur de fichier

```
int main() {
  char *c;
  int fd, sz;
  c = (char *) malloc(10 *
sizeof(char));

  fd = open("test.txt", O_RDWR | O_
APPEND);
  if (fd < 0) {
    exit(1);
  }

  while(1) {
    sz = read(fd, c, 10);
    if (sz < 10) break;
    write(fd, c, sz);
  }

  close(fd);
}
```

Les fichiers ouverts sont tous associés à un *pointeur de fichier* qui indique un emplacement dans le fichier

- Initialement, le pointeur est au début du fichier
- Lorsque l'on utilise **`read`** ou **`write`**, la lecture et l'écriture se font au niveau du pointeur
- Le pointeur est automatiquement avancé par la lecture et l'écriture

Ouvertures multiples

```c
int main() {
  int fd1, fd2;

  fd1 = open("test.txt", O_WRONLY |
O_CREAT | O_TRUNC);
  fd2 = open("test.txt", O_WRONLY);

  write(fd1, "un ", 3);
  write(fd2, "deux ", 5);
  write(fd1, "trois ", 6);
}
```

```c
int main() {
  int fd1, fd2;

  fd1 = open("test.txt", O_WRONLY |
O_CREAT | O_TRUNC | O_APPEND);
  fd2 = open("test.txt", O_WRONLY |
O_APPEND);

  write(fd1, "un ", 3);
  write(fd2, "deux ", 5);
  write(fd1, "trois ", 6);
}
```

On peut ouvrir plusieurs fois un même fichier (même en écriture)

- chaque descripteur a son propre pointeur de fichier
- les ouvertures en mode **O_APPEND** restent à la fin du fichier

Ouvertures multiples

```
int main() {
  int fd1, fd2;

  fd1 = open("test.txt", O_WRONLY |
O_CREAT | O_TRUNC);
  fd2 = open("test.txt", O_WRONLY);

  write(fd1, "un ", 3);
  write(fd2, "deux ", 5);
  write(fd1, "trois ", 6);
}
➤ deutrois
```

```
int main() {
  int fd1, fd2;

  fd1 = open("test.txt", O_WRONLY |
O_CREAT | O_TRUNC | O_APPEND);
  fd2 = open("test.txt", O_WRONLY |
O_APPEND);

  write(fd1, "un ", 3);
  write(fd2, "deux ", 5);
  write(fd1, "trois ", 6);
}
➤ un deux trois
```

On peut ouvrir plusieurs fois un même fichier (même en écriture)

- chaque descripteur a son propre pointeur de fichier
- les ouvertures en mode **O_APPEND** restent à la fin du fichier

stdin, stdout, stderr

```
main() {
    char c;
    while (read(0, &c, 1) == 1) {
        write(1, &c, 1);
    }
}
```

Les trois premiers descripteurs de fichiers sont automatiquement attribués à chaque processus :

- 0 : entrée standard (**stdin**)
- 1 : sortie standard (**stdout**)
- 2 : sortie d'erreur (**stderr**)

On peut directement utiliser ces descripteurs de fichiers sans avoir à utiliser **open**.

Lseek

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

```
int main() {
  char c[10];
  int fd, sz;

  fd = open("test.txt", O_RDWR);
  if (fd < 0) exit(1);

  int rp = 0;
  int wp = lseek(fd, 0, SEEK_END);
  do {
    lseek(fd, rp, SEEK_SET);
    sz = read(fd, c, 10);
    rp = lseek(fd, 0, SEEK_CUR);

    lseek(fd, wp, SEEK_SET);
    write(fd, c, sz);
    wp = lseek(fd, 0, SEEK_CUR);
  } while (sz == 10);

  close(fd);
}
```

L'appel **lseek** permet de déplacer manuellement le pointeur de fichier

- **fd** désigne le descripteur de fichier
- **offset** indique le nombre d'octets de déplacement
- **whence** permet de décrire la référence du déplacement :
  - **SEEK_SET** place le pointeur de manière absolue (par rapport au début du fichier)
  - **SEEK_CUR** déplace le pointeur par rapport à sa position actuelle
  - **SEEK_END** place le curseur par rapport à la fin du fichier
- Le résultat est la position absolue du curseur après déplacement

Il est possible de déplacer le curseur au-delà de la fin du fichier

Wrappers

```c
int main() {
  FILE *fpin, *fpout;
  int i=0;

  fpin = fopen("test.txt", "r");
  fpout = fopen("res.txt", "w");
  char s[80];

  while(fgets(s, 80, fpin)) {
    fprintf(fpout, "ligne %d: %s",
i, s);
    i++;
  }

  fclose(fpin);
  fclose(fpout);
}
```

En général, on n'appelle pas directement les appels systèmes mais on utilise des fonctions de la librairie C qui les appellent indirectement :

- `fopen`, `fclose`
- `fgetc`, `fgets`, `fscanf`, etc.
- `fputc`, `fprintf`, `fputs`, etc.

Ces fonctions manipulent les fichiers par l'intermédiaire de *pointeurs de fichiers* (*file pointers*) de type `FILE*` (structure contenant un descripteur de fichier, et des informations supplémentaires)