UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR

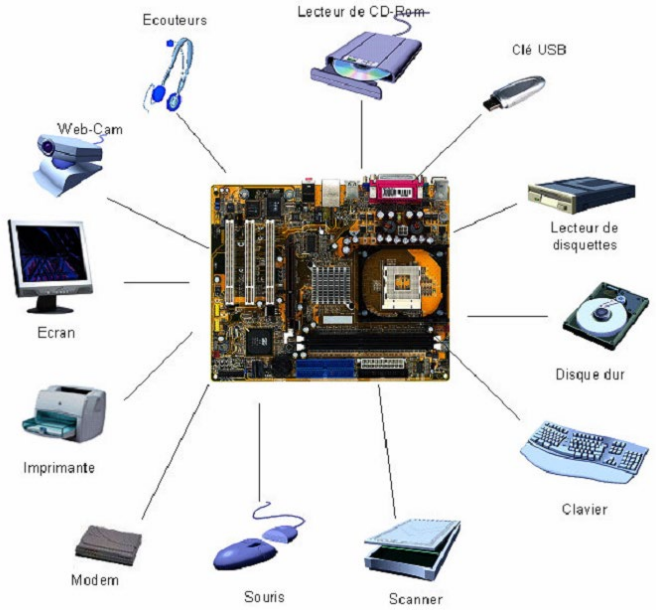
Gestion des Entrées-Sorties

Présentation: **Stéphane Lavirotte**
Auteurs: ... et al*

(*) Cours réalisé grâce aux documents de :
Jean-Paul Rigault

Mail: Stephane.Lavirotte@univ-cotedazur.fr
Web: http://stephane.lavirotte.com/
Université Côte d'Azur

UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR



Gestion d'Entrées-Sorties

Accès aux périphériques

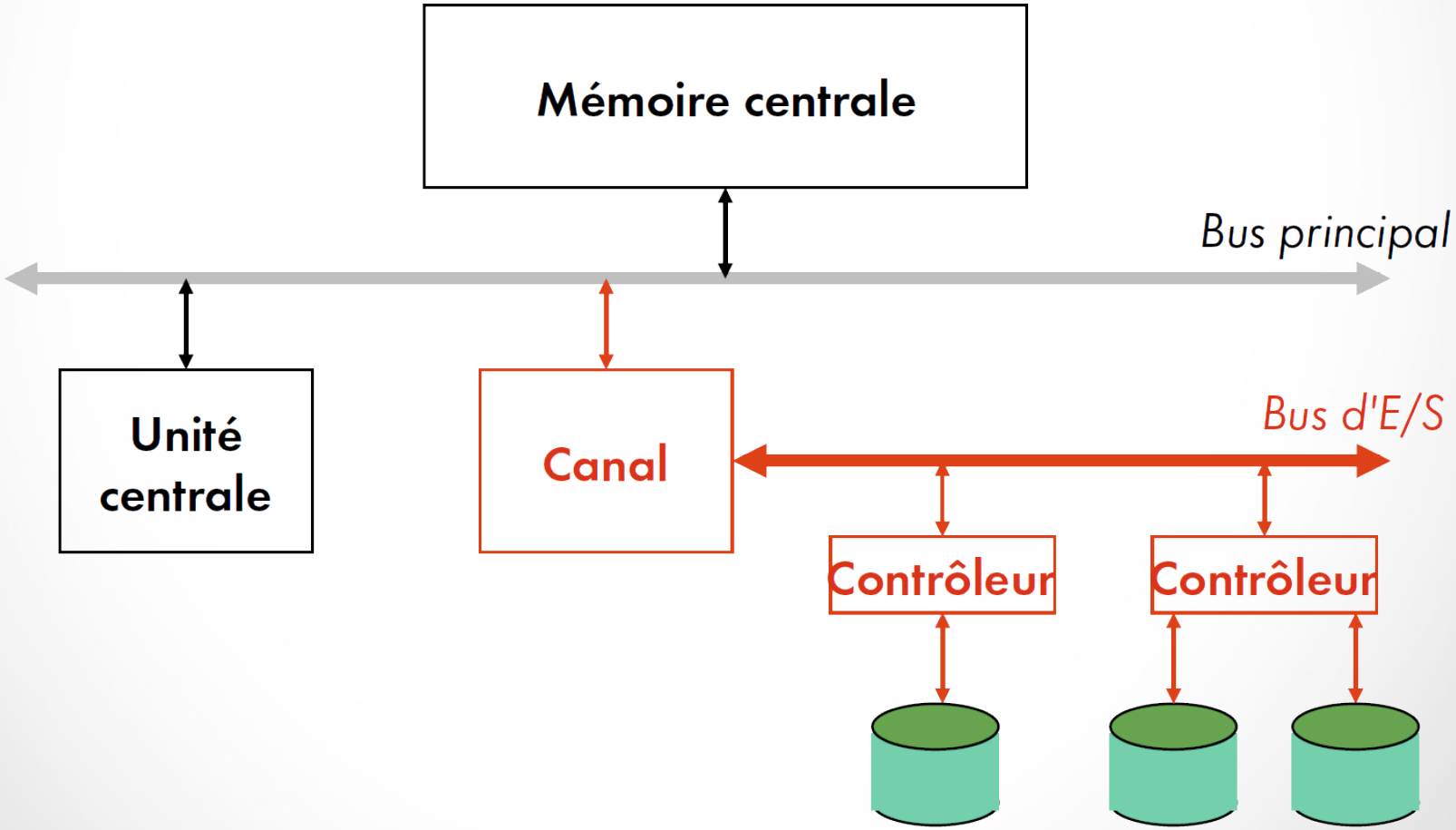
UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Terminologie

- ✓ Périphérique (« device »)
  - Unité physique support d'E/S
  - Disque, terminal, imprimante
- ✓ Norme d'interface des périphériques
  - Multi-vendeurs
  - SCSI, IDE (disques) ; RS232c, v24 (terminaux, imprimantes, modems...) ;
  - IEEE 802.3 (Ethernet)
  - IEEE 488 (instrumentation)
- ✓ Contrôleur
  - Interface matérielle entre le système informatique et un ou plusieurs périphériques
  - Dépend (de la norme d'interface) du périphérique
- ✓ Canal
  - Processeur spécialisé d'E/S
- ✓ Pilote (« driver »)
  - Programme d'interface entre le système d'exploitation et le système d'E/S

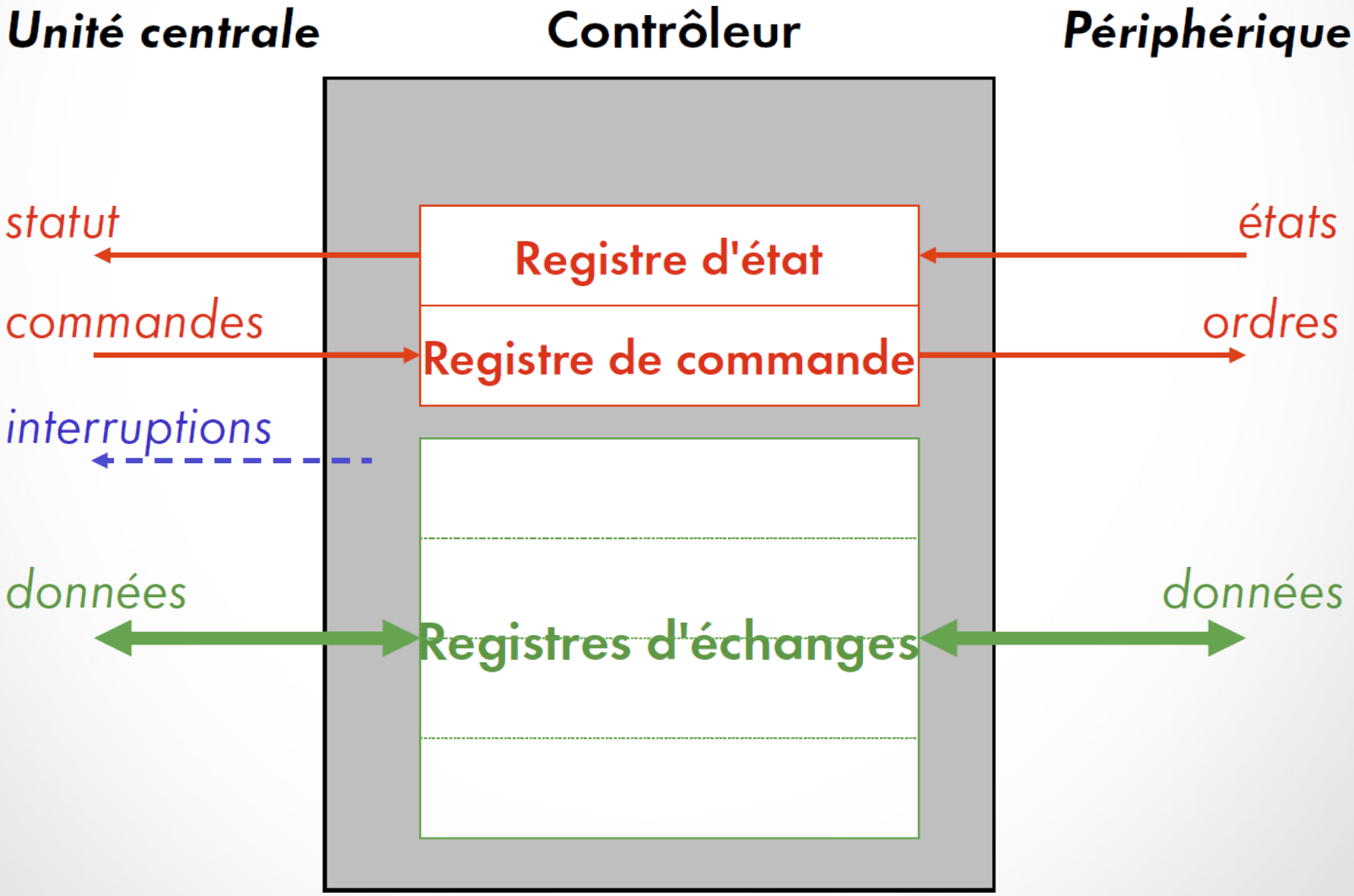
UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR

Structure du Système d'E/S



UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Structure du Système d'E/S : Contrôleur



UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Adressage des Périphériques

- ✓ Adressage et instructions spécifiques
  - Espace d'adressage propre
    - canal, contrôleur, unité
  - Instructions spécifiques d'E/S
  - `start_io`
  - `sense_status`
  - `read`, `write`
- ✓ E/S « mappées »
  - Les registres des contrôleurs ont des adresses dans l'espace mémoire virtuel du noyau du système d'exploitation
  - Les programmes (« drivers ») y accèdent donc par de simples lecture/écriture en mémoire
    - Mais la sémantique en est très différente

UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR

Phases successives d'une Entrée-Sortie

- ✓ Initialisation
  - Paramétrage du contrôleur, périphérique...
  - Attente de fin d'initialisation
- ✓ Entretien de l'échange
  - Échange des données entre le contrôleur et l'unité centrale ou la mémoire
  - Rythme donné par le périphérique
- ✓ Nettoyage final

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Modes de Gestion : Modes Programmés

- ✓ Mode programmé simple
  - L'UC est entièrement responsable de l'échange
  - Le transfert entre mémoire et périphérique passe à travers les registres de l'UC
  - Attente active entre les phases
- ✓ Mode programmé par interruptions
  - Le contrôleur interrompt l'UC quand il est prêt
    - pour le début de l'échange
    - à chaque unité d'échange
  - Le sous-programme de traitement de l'IT assure l'entretien de l'échange
  - Le transfert entre mémoire et périphérique passe à travers les registres de l'UC
  - UC libre entre deux unités d'échange

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Mode Programmé Simple: Attente Active (polling)

- ✓ Mode programmé simple
  - Exemple de lecture

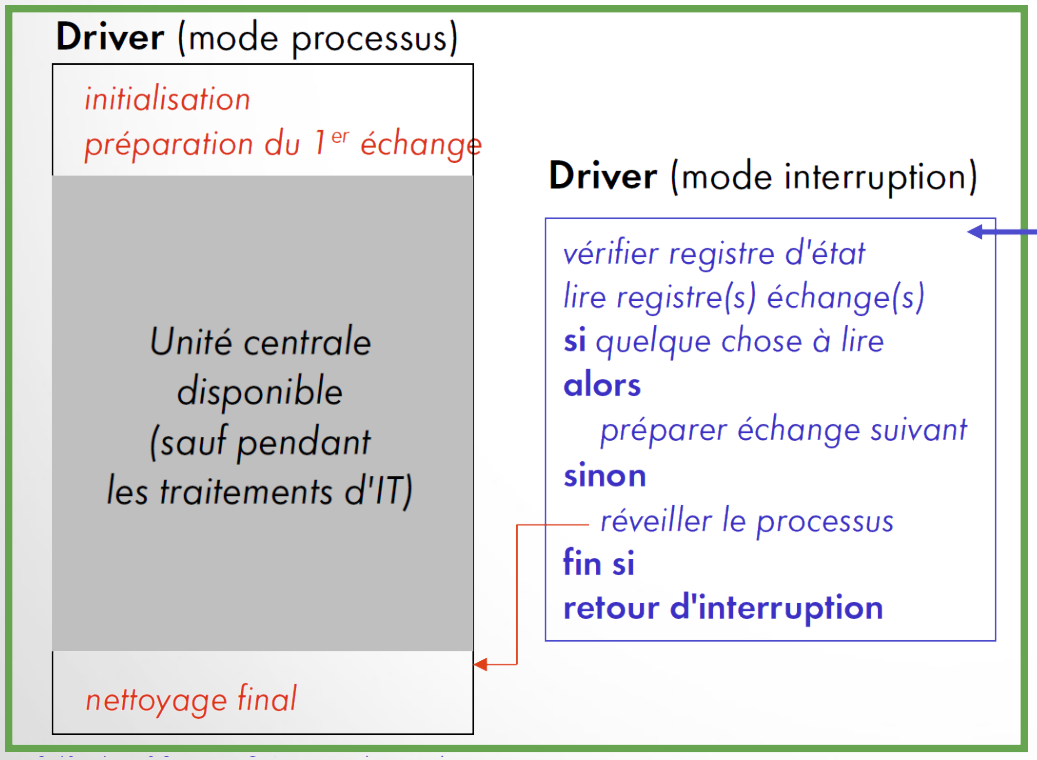
```
initialisation
préparation du premier échange
tant que quelque chose à lire
faire
    attendre périphérique prêt
    vérifier registre d'état
    lire registre(s) échange(s)
    préparer échange suivant
fin faire
nettoyage final
```

- ✓ Simple
- ✓ Lent
- ✓ Monopolise l'UC
- ✓ Utilisé pour le chargement initial du système (« boot »)

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

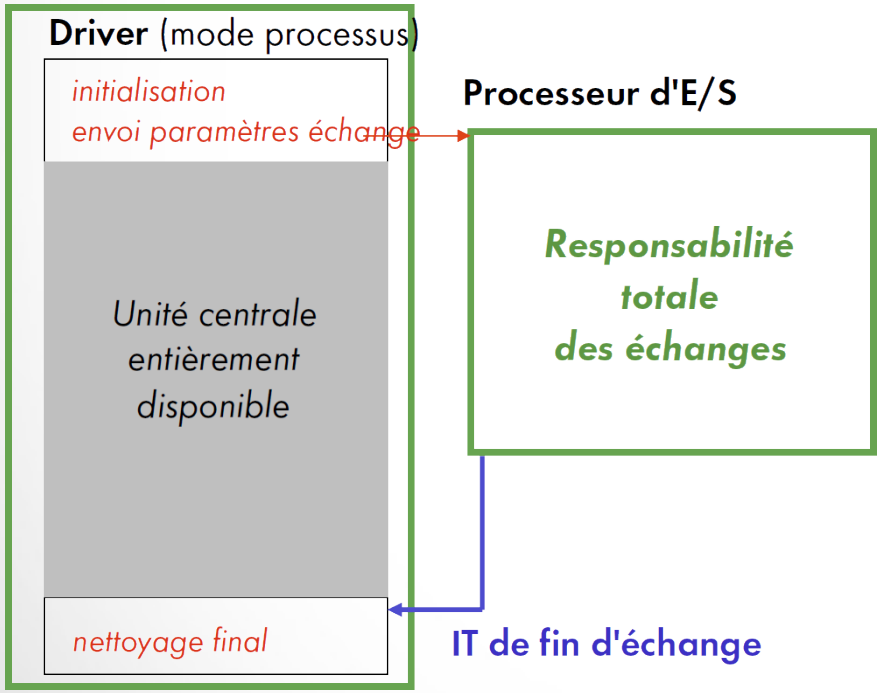
Mode Programmé par Interruptions

- ✓ Mode programmé par IT
  - Exemple de lecture



- ✓ Assez simple
- ✓ L'UC est libre entre deux échanges
- ✓ Risque de perte d'interruption
- ✓ Convient aux périphériques lents
  - Clavier, souris, ...

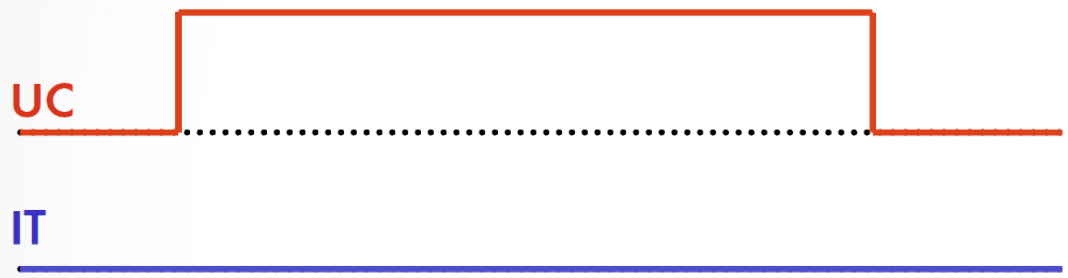
Modes de gestion des E/S : Mode Canal (DMA)



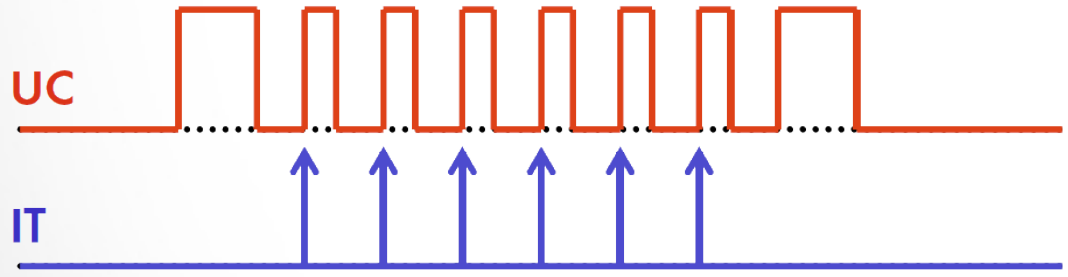
- ✓ L'UC est totalement libre entre deux échanges
- ✓ Possibilité de « cache » dans le processeur d'E/S
- ✓ Convient aux périphériques rapides
  - Disques
  - Acquisition de données
  - Réseaux rapides

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

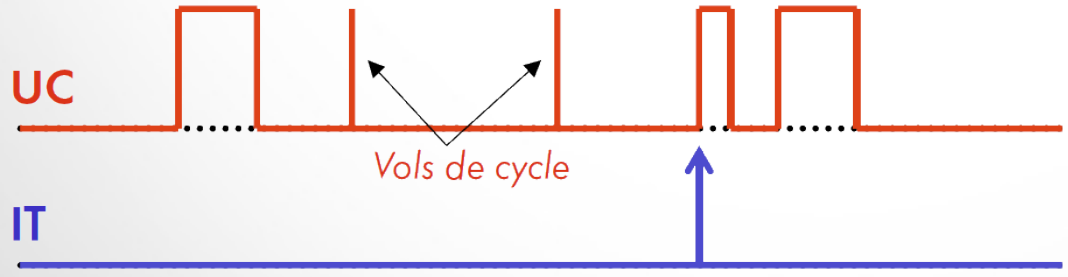
Modes de gestion des E/S : Utilisation de l'UC



Mode programmé simple



Mode programmé par interruptions



Mode canal (DMA)

UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR

Gestion des Entrées-Sorties

Suivant la norme Posix.1

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Fichiers et Répertoires: Modèle

- ✓ Modèle hiérarchique
  - Répertoires / Dossiers
- ✓ Types de fichiers
  - ordinaire
    - données textuelles, binaires...
  - répertoire
  - spéciaux (périphériques)
    - modes bloc et caractères (voir dans `/dev`)
  - fichier FIFO (« pipe nommé »)
  - communication (sockets...)
  - etc.

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Répertoire Courant

- ✓ `#include <unistd.h>`

- ✓ **Changement de répertoire**

  `int chdir(const char *path);`

- ✓ **Consultation du répertoire courant**

  `char *getcwd(char *dirname, size_t size);`

  - `size` ***est la taille du tableau pointé par*** `dirname` ***(et qui a dû être alloué par l'appelant)***

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Consultation des Attributs d'un Fichier 1/3

- ✓ **La fonction** `stat`

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

- ✓ **Structure** `stat`
  - `st_dev`, `st_ino` : **périphérique et numéro du fichier**
  - `st_mode` : **type et droits d'accès**
  - `st_nlink` : **nombre de liens**
  - `st_uid`, `st_gid` : **propriétaire et son groupe**
  - `st_size` : **taille du fichier (nombre de caractères)**
  - `st_atime` : **date du dernier accès,**
  - `st_mtime` : **date de la dernière modification,**
  - `st_ctime` : **date du dernier changement d'attributs**

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Consultation des Attributs d'un Fichier 2/3

- ✓ **Macros de décodage de `st_mode`**
- ✓ **Sélection des champs**
  - `S_IRWX[UGO]` `S_IS[UG]ID`
- ✓ **Décodage des droits d'accès**
  - `S_I[RWX](USR|GRP|OTH)`
- ✓ **Type du fichier (argument `m` : `st_mode`)**
  - `S_ISCHR(m)` : **Teste si `m` est un pilote de type caractère (char)**
  - `S_ISBLK(m)` : **Teste si `m` est un pilote de type bloc (block)**
  - `S_ISDIR(m)` : **Teste si `m` est un répertoire/dossier (directory)**
  - `S_ISREG(m)` : **Teste si `m` est un fichier normal (regular)**
  - `S_ISFIFO(m)` : **Teste si `m` est une fichier « d'échange FIFO » (fifo)**
    - **Cf: Communication inter-processus que nous verrons plus tard**

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Consultation des Attributs d'un Fichier 3/3

✓ **Exemple**

```
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)) {
        /* le fichier est inscriptible par le
           propriétaire ou son groupe */ …
        }
    }
}
```

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Lecture des Répertoires 1/2

- ✓ **Fonctions de lecture**

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

DIR *opendir(const char *dirpath);
struct dirent *readdir(DIR *dirp);
int closedir(DIR *dirp);
int rewinddir(DIR *dirp);
```

- ✓ **Champs de** `struct dirent`
  - **un seul champ portable,** `d_name`**, tableau de caractères de dimension** `NAME_MAX`

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Lecture des Répertoires 2/2

- ✓ **Exemple : une version rustique de `ls`**

```
struct dirent *dentry;
DIR *dirp = opendir("foo");
if (dirp == NULL) {
    perror("Répertoire inaccessible\n");
    exit(EXIT_FAILURE);
}
while ((dentry = readdir(dirp)) != NULL) {
    printf("%s\n", dentry->d_name);
}
closedir(dirp);
```

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Manipulation de Répertoires 1/2

- ✓ **Création/destruction de répertoires**

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

  - mode **ne doit contenir que des droits d'accès**
  - **on ne peut détruire qu'un répertoire vide**

- ✓ **Exemple**

```
mkdir("foo", S_IRUSR|S_IWUSR|S_IRGRP);
```

- ✓ **Création et destruction d'entrées dans un répertoire**

```
#include <unistd.h>
int link(const char *oldpath,const char *newpath);
int unlink(const char *path);
int rename(const char *oldpath,const char *newpath);
```

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Bibliothèque ANSI C

- ✓ Posix.1 contient l'ensemble de la bibliothèque d'entrée-sortie standard de C

  `<stdio.h>`

- ✓ Les E/S ont lieu avec « bufferisation »
  - sauf si le support est un terminal
  - la fonction `fflush(FILE *)` vide le buffer

- ✓ En fait ces fonctions d'E/S sont réalisées avec des fonctions primitives qui constituent l'API d'E/S de base de Posix

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

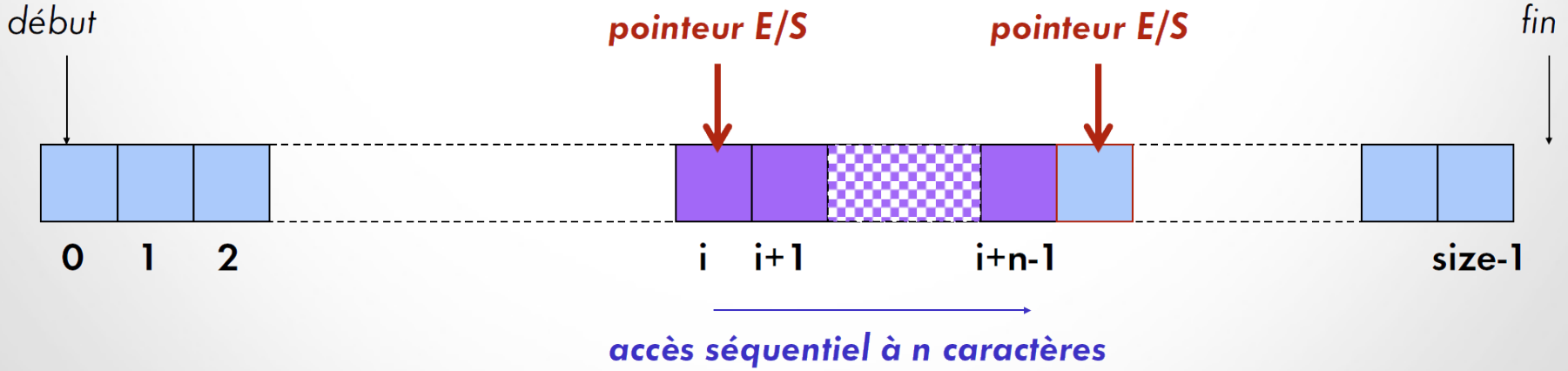
Descripteur de fichiers

- ✓ Un « file descriptor », `fd`, est un numéro d'unité logique qui permet de référencer un fichier
- ✓ `fd` est un entier positif ou nul
  - 0, 1 et 2 correspondent respectivement à l'entrée, la sortie et l'erreur standards
- ✓ Les « file descriptors » sont alloués par processus
- ✓ Les fonctions qui retournent un descripteur de fichier (e.g., `open`) retournent en général la plus petite valeur disponible dans le processus courant

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Modèle de base des Fichiers

- ✓ Tableau de caractères
  - indexé à partir de 0
- ✓ Pointeur d'E/S
  - index courant
  - manipulable directement (accès direct)
- ✓ Lecture/écriture séquentielle
  - à partir de l'index courant



UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Ouverture et Création de Fichiers 1/2

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

int open(const char *path, int oflag[, mode_t mode]);
```

- ✓ **Flag** `oflag`
  - `O_RDONLY`, `O_WRONLY`, `O_RDWR` : **mode d'ouverture**
  - `O_APPEND` : **place le pointeur d'E/S en fin de fichier**
  - `O_CREAT` : **crée le fichier s'il n'existe pas**
  - `O_EXCL` **si** `O_CREAT` **et si le fichier existe, erreur**
  - `O_TRUNC` : **tronquer le fichier s'il existe**
  - **etc.**

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Ouverture et Création de Fichiers 2/2

- ✓ **Troisième argument de `open` (mode)**
  - **utilisé seulement si `O_CREAT`**
  - **positionne les droits d'accès au nouveau fichier**
    - **filtrage par le UMASK**

- ✓ **Exemple**

```
if (open("foo", O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC,
                S_IRUSR|S_IWUSR|S_IRGRP) < 0) {
    perror("open");
}
```

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Fermeture de Fichiers

```
#include <unistd.h>

int close(int fd);
```

- ✓ Ferme un descripteur de fichier, afin qu'il ne fasse plus référence à aucun fichier et puisse être réutilisé.
- ✓ Si `fd` est le dernier descripteur de fichier se référant à la description de fichier ouvert sous-jacent, les ressources associées au descripteur de fichier ouvert sont libérées.

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Masque de Création de Fichiers (cmask)

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

mode_t umask(mode_t mode);
```

- *mode ne doit contenir que des droits d'accès*
- *la fonction retourne la valeur précédente du masque*
- *mode contient les droits que l'on veut dénier*
  - *après* `fd = open("foo",…|O_CREAT, m);`
  - *le mode est :* `m & ~cmask`
- *le masque est un attribut du processus*

✓ **Exemple**

```
oldmask = umask(S_IWGRP|S_IWOTHR);
```

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Lecture/Ecriture Séquentielles 1/2

```
#include <unistd.h>

ssize_t read(int fd, void *buf, size_t n);
ssize_t write(int fd, void *buf, size_t n);
```

- ✓ *E/S séquentielles*
  - Le pointeur d 'E/S est avancé du nombre de caractères effectivement transférés
  - Par défaut, `read()` est bloquant ; `write()` peut l'être
- ✓ *Valeur de retour*
  - Nombre de caractères effectivement transférés
  - Pour `read()`, valeur de retour 0 ⇒ fin de fichier

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Lecture/Ecriture Séquentielles 2/2

- ✓ **Exemple : une version rustique et partielle de copie de fichiers**

```
char buffer[MAX];
int n;
int fdin = open("foo", O_RDONLY|O_EXCL);
int fdout =
        open("bar", O_WRONLY|O_TRUNC|O_CREAT, …);

while ((n = read(fdin, buffer, MAX)) != 0)
    write(fdout, buffer, n);
```

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Accès Direct 1/2

```
#include <unistd.h>

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

- ✓ **Manipulation directe du pointeur d'E/S**
  - **Nouvelle position : Orig(`whence`) + `offset`**
    - **Orig(`SEEK_SET`) : début du fichier (0)**
    - **Orig(`SEEK_CUR`) : position courante**
    - **Orig(`SEEK_EOF`) : fin de fichier**
  - **Valeur de retour : nouvelle position absolue (i.e., depuis début du fichier)**
- ✓ **Exemples:**

```
off_t off = lseek(fd, 0, SEEK_CUR);
```

- **Retourne la position absolue courante, sans la modifier (`ltell(fd)`)**

```
lseek(fd, 0, SEEK_SET);
```

- **Retourne au début du fichier (`rewind(fd)`)**

```
off_t off = lseek(fd, 100, SEEK_EOF);
```

- **Ajoute 100 caractères (nuls) après la fin de fichier**
- **Le fichier doit avoir été ouvert en écriture**

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Accès Direct 2/2

- ✓ **Exemple : accès direct à une structure de données**

```
struct Data { … } buf;
int i = … ;

/* accès au i^ème élément et lecture */
lseek(fd, i*sizeof(struct Data), SEEK_SET);
read(fd, &buf, sizeof(struct Data));
```

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Mélange avec la Bibliothèque ANSI C

- ✓ **Descripteur de fichier → `FILE *`**

```
#include <stdio.h>
int fd;
FILE *fp = fdopen(fd, type);
```

  - **voir `fopen()` pour la signification de type**

- ✓ **`FILE *` → descripteur de fichier**

```
#include <stdio.h>
FILE *fp;
int fd = fileno(fp);
```