



Programmation Système

Communication par Tubes

Université de Tours
Faculté des Sciences et Techniques
Antenne Universitaire de Blois

Licence Sciences et Technologies

Mention : Informatique

2^{ème} Année

Mohamed TAGHELIT

taghelit@univ-tours.fr

Communication par Tubes

- ❑ Caractéristiques générales et communes
- ❑ Les tubes ordinaires
- ❑ Algorithmes de lecture/écriture dans un tube
- ❑ Les tubes nommés
- ❑ Principes d'ouverture d'un tube nommé

Caractéristiques Générales des Tubes

- ❑ Un tube est un mécanisme de communication entre processus, appartenant au système de fichiers
 - association d'un nœud du système de fichiers (type : `S_IFIFO`)
 - association de descripteurs (application des appels `read()`, `write()`, ...)
- ❑ Un tube est un canal unidirectionnel (une entrée, une sortie)
 - association de deux entrées dans la table des descripteurs du processus
 - association de deux entrées dans la table des fichiers ouverts
- ❑ La lecture depuis un tube est destructrice
- ❑ La communication via un tube correspond à un flot continu de caractères
- ❑ Les entrées/sorties via un tube sont gérées en mode **FIFO**
- ❑ Un tube a une capacité finie (notion de tube plein)
- ❑ À un tube est associée la notion de "nombres de lecteurs/écrivains" qui influe sur les lectures/écritures (et l'ouverture des tubes nommés)

Tubes Ordinaires

- ❑ Un tube ordinaire a un compteur de liens nul (aucune référence à ce nœud)
- ❑ Un tube ordinaire est supprimé lorsque aucun processus ne l'utilise
- ❑ Impossibilité d'ouvrir un tube ordinaire, avec `open ()` par exemple
- ❑ La connaissance de l'existence d'un tube ordinaire se traduit par la possession d'au moins un de ses descripteurs suite :
 - à une création du tube ordinaire, ou
 - à l'héritage d'un ou plus de ses descripteurs
- ❑ Un tube ordinaire permet une communication uniquement entre processus ayant un ancêtre commun
- ❑ La perte d'accès à un tube ordinaire est irréversible

Création d'un Tube Ordinaire

- ❑ Un processus peut créer à tout moment un tube ordinaire

```
#include <unistd.h>
    int pipe(int pipefd[2]);
```

tableau qui stocke les deux descripteurs du tube créé

- ❑ Alloue un nœud, deux entrées dans la table des fichiers ouverts et deux descripteurs dans la table du processus appelant
- ❑ Valeur de retour :
 - 0 en cas de succès,
 - -1 en cas d'erreur (et `errno` est modifiée en conséquence).
- ❑ Un tube ordinaire peut être manipulé par la majorité des primitives systèmes applicables à un nœud du système de fichiers :
 - `read()`, `write()`,
 - `fstat()`, `fcntl()`, `close()`, ...
- ❑ Du fait de la gestion **FIFO** des lectures/écritures via un tube ordinaire, l'utilisation de la primitive `lseek()` est interdite.

Héritage des Descripteurs d'un Tube

Programme `tube_heritage.c`

```
int main(int argc) {
```

```
int fd1[2], fd2[2];
```

```
char buf[128];
```

```
if (pipe(fd1) == -1)
    perror("Erreur pipe 1");
if (pipe(fd2) == -1)
    perror("Erreur pipe 2");
```

← création de deux tubes par le père

exécuté par le père

```
if (fork() != 0) {
    write(fd1[1], "Bonjour du père !\0", strlen("Bonjour du père !") + 1);
    read(fd2[0], buf, sizeof(buf));
    printf("Message reçu du fils : %s\n", buf);
    exit(0);
} else {
```

```
    read(fd1[0], buf, sizeof(buf));
    printf("\tMessage reçu du père : %s\n", buf);
    write(fd2[1], "Bonjour du fils !\0", strlen("Bonjour du fils !") + 1);
    exit(0);
}
```

↑ exécuté par le fils

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

Exécution de `tube_heritage.c`

```
[student]$ ./tube_heritage
```

```
Message reçu du père : Bonjour du père !
```

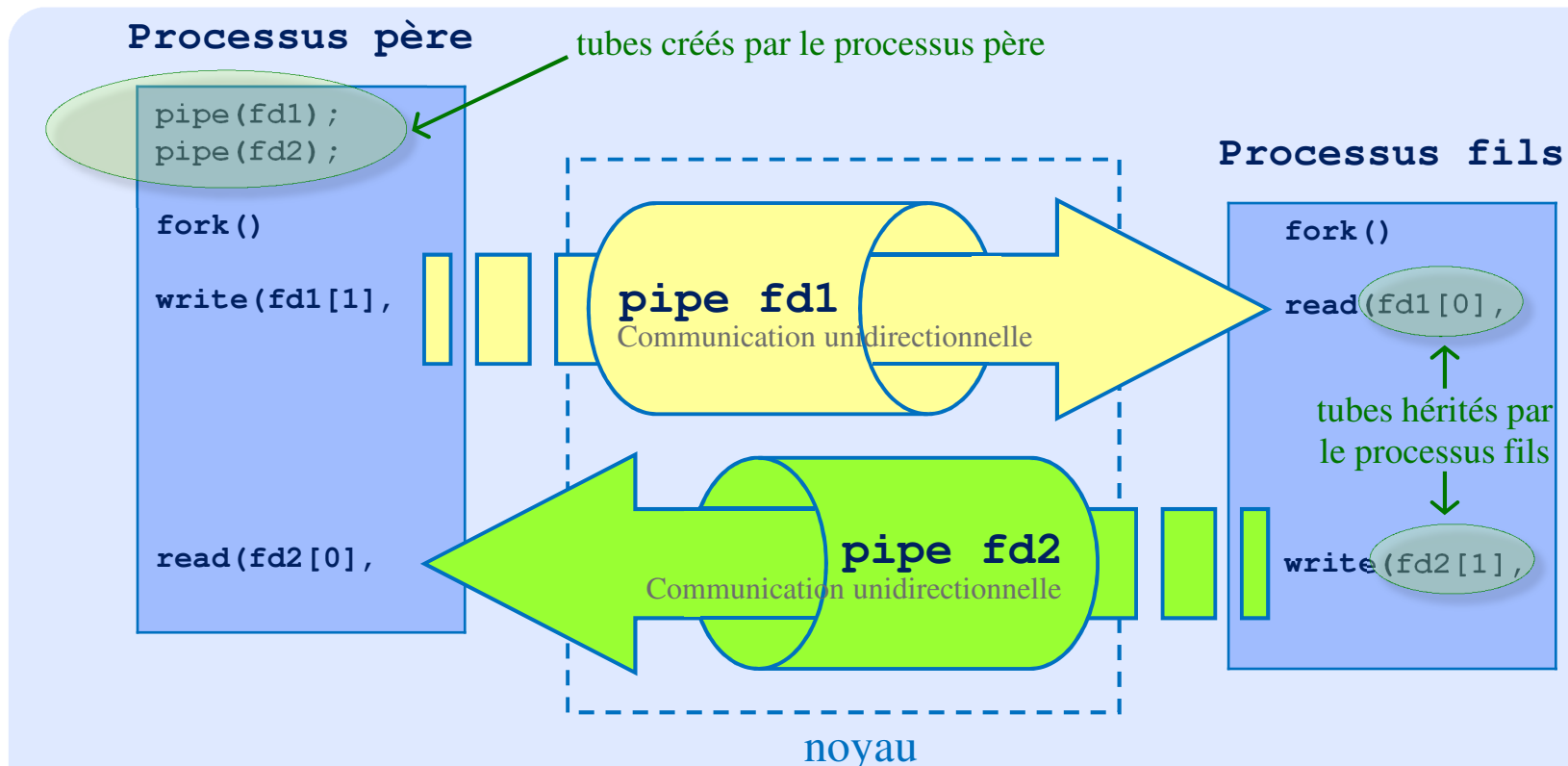
← affiché par le processus fils

```
Message reçu du fils : Bonjour du fils !
```

← affiché par le processus père

```
[student]$
```

Héritage et Nombre de Lecteurs/Écrivains

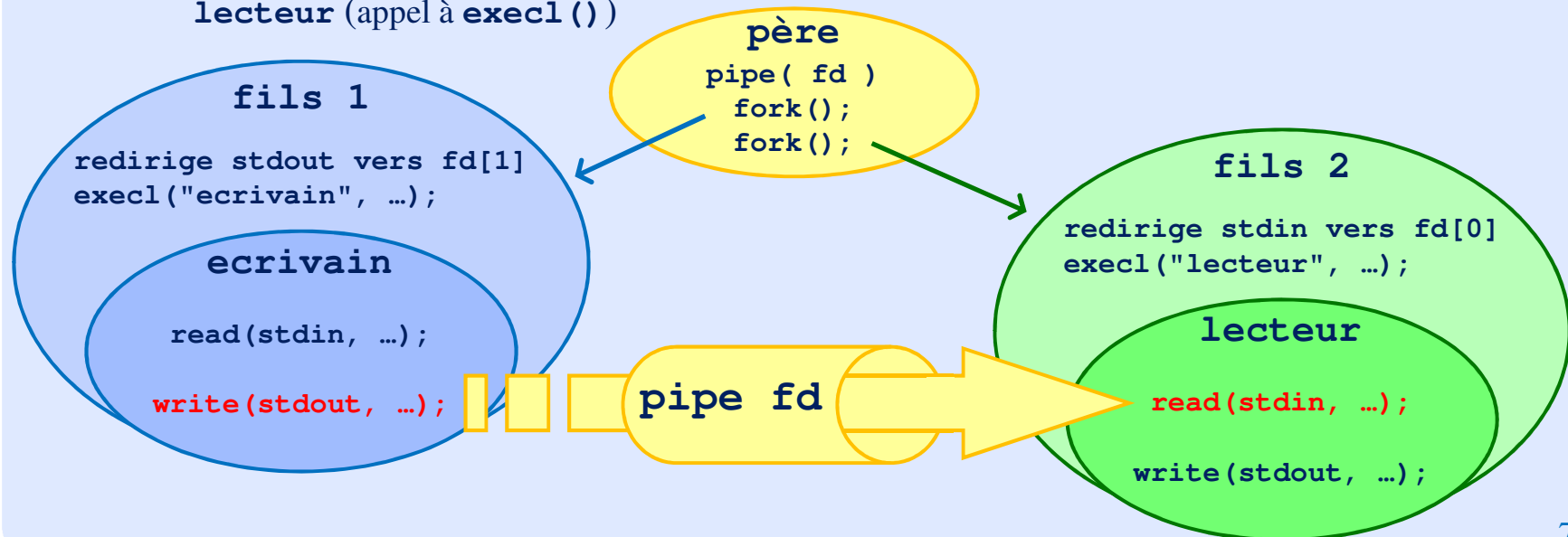


- ❑ Nombre de lecteurs et d'écrivains (en cours d'exécution des processus père et fils) ?
 - tube **fd1** :
 - descripteur **fd1[0]** ouvert chez le père et chez le fils = 2 lecteurs
 - descripteur **fd1[1]** ouvert chez le père et chez le fils = 2 écrivains
 - tube **fd2** :
 - descripteur **fd2[0]** ouvert chez le père et chez le fils = 2 lecteurs
 - descripteur **fd2[1]** ouvert chez le père et chez le fils = 2 écrivains
- ❑ Il est recommandé de toujours fermer les descripteurs de tube non utilisés (impact sur le nombre de lecteurs/écrivains)

Exemple d'Utilisation d'un Tube Ordinaire

❑ Problème

- Données : **ecrivain** et **lecteur** sont deux exécutables qui chacun lit depuis l'entrée standard des données qu'il écrit sur la sortie standard
- But : faire communiquer les deux exécutables de telle sorte que **lecteur** puisse lire les données écrites par **ecrivain**
- Indices : écrire un programme qui :
 - crée un tube ordinaire
 - crée un processus fils qui redirige sa sortie standard vers l'entrée du tube et lance **ecrivain** (appel à `execl()`)
 - crée un processus fils qui redirige son entrée standard vers la sortie du tube et lance **lecteur** (appel à `execl()`)



Exemple d'Utilisation d'un Tube Ordinaire

Programme `ecrivain_lecteur.c`

```
void main() {
```

```
int fd[2]; ← tableau de descripteurs du tube
```

```
int retour;
```

```
if (pipe(fd) == -1 ) ← création du tube  
    perror("Erreur création tube");
```

```
if (fork() == 0) { ← création du 1er fils
```

```
    close(STDOUT_FILENO); ← fermeture de la sortie standard
```

```
    dup2(fd[1], STDOUT_FILENO); ← redirection de la sortie standard vers l'entrée du tube
```

```
    close(fd[0]); close(fd[1]);
```

```
    execl("ecrivain", "ecrivain", NULL); ← lance l'exécutable ecrivain
```

```
    exit(-1);
```

```
}
```

exécuté par le 1^{er} fils

```
if (fork() == 0) { ← création du 2ème fils
```

```
    close(STDIN_FILENO);
```

```
    dup2(fd[0], STDIN_FILENO);
```

```
    close(fd[0]); close(fd[1]);
```

```
    execl("lecteur", "lecteur", NULL);
```

```
    exit(-11);
```

```
}
```

exécuté par le 2^{ème} fils

```
close(fd[0]); close(fd[1]);
```

```
wait(&retour);
```

```
wait(&retour);
```

```
}
```

```
#include <unistd.h>  
#include <sys/types.h>  
#include <sys/wait.h>  
#include <stdlib.h>
```

Exemple d'Utilisation d'un Tube Ordinaire

❑ Programme `ecrivain.c` (identique à `lecteur.c`)

```
void main() {
```

```
char buf[128];  
int nl;
```

```
while(1){  
    nl = read(STDIN_FILENO, buf, sizeof(buf));  
    buf[nl] = '\\0';  
    write(STDOUT_FILENO, buf, strlen(buf));  
}
```

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

← lecture depuis l'entrée standard

← écriture vers la sortie standard

❑ Exécution de `ecrivain_lecteur.c`

```
[student]$ gcc echivain.c -o echivain  
[student]$ gcc echivain.c -o lecteur  
[student]$ gcc echivain_lecteur.c -o echivain_lecteur  
[student]$ ./echivain_lecteur  
Bonjour !  
Bonjour !  
Bonsoir !  
Bonsoir !  
Bye bye !  
Bye bye !  
^C  
[student]$
```

← texte introduit par l'utilisateur, lu par echivain qui l'a ensuite écrit dans l'entrée du tube

← texte affiché par lecteur après l'avoir lu de la sortie du tube

Algorithme de Lecture dans un Tube

- Cas d'un processus qui tente de lire **N** octets à partir de la sortie d'un tube

1. Le tube n'est pas vide et contient **n** octets
 - a. $\min(\mathbf{n}, \mathbf{N})$ octets sont lus,
 - b. la primitive renvoie le nombre réel d'octets lus.
2. Le tube est vide
 - a. Le nombre d'écrivains est nul (la fin de fichier est atteinte)
 - aucun octet n'est lu,
 - la primitive renvoie 0.
 - b. Le nombre d'écrivains n'est pas nul
 - si la lecture est bloquante, le processus est mis en sommeil jusqu'à ce que le tube ne soit plus vide,
 - si la lecture n'est pas bloquante, la primitive renvoie -1 et **errno = EAGAIN**.

Algorithme d'Écriture dans un Tube

- Cas d'un processus qui tente d'écrire **N** octets à partir de l'entrée d'un tube

1. Le nombre de lecteurs est nul
 - a. le signal **SIGPIPE** est délivré au processus,
2. Le nombre de lecteurs est non nul
 - a. si l'écriture est bloquante
 - retour de la primitive une fois les **N** octets écrits,
 - le processus peut, éventuellement, être mis en sommeil dans l'attente que le tube se vide .
 - b. si l'écriture est non bloquante
 - si $N > \text{PIPE_BUF}$, la primitive retourne un nombre inférieur à **N**,
 - si $N \leq \text{PIPE_BUF}$ et s'il y a au moins **N** octets libres dans le tube, une écriture atomique est réalisée,
 - si $N \leq \text{PIPE_BUF}$ et s'il y a moins de **N** octets libres dans le tube, aucune écriture n'est réalisée et la primitive retourne -1.

Les Tubes Nommés

- ❑ Un tube nommé est référencé dans le système de fichiers
- ❑ Un tube nommé est supprimé lorsqu'il ne lui est associé aucun lien physique et aucun lien interne
- ❑ Un tube nommé nécessite une étape d'ouverture avant qu'il puisse être accessible (en lecture/écriture). Étape bloquante par défaut.
 - Synchronisation des ouvertures entre processus
- ❑ Un tube nommé permet une communication entre processus même sans lien de parenté (n'ayant pas un ancêtre commun)

Création d'un Tube Nommé

- ❑ Un processus peut créer à tout moment un tube ordinaire

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

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

```
int mkfifo(const *pathname, mode_t mode);
```

permissions d'accès demandées (modifiées par umask)

nom du tube

- ❑ Crée un fichier spécial **FIFO** (tube nommé) à l'emplacement **pathname**.
- ❑ Valeur de retour :
 - 0 en cas de succès,
 - -1 en cas d'erreur (et **errno** est modifiée en conséquence).
- ❑ Un tube nommé peut être manipulé par la majorité des primitives systèmes applicables à un nœud du système de fichiers :
 - `open()`, `close()`,
 - `read()`, `write()`,
 - `fstat()`, `fcntl()`, `unlink()`, ...
- ❑ Du fait de la gestion **FIFO** des lectures/écritures via un tube nommé, l'utilisation de la primitive `lseek()` est interdite.

Ouverture d'un Tube Nommé

- Cas d'une demande d'ouverture d'un tube nommé par un processus ayant les droits correspondants.

1. Si l'ouverture est bloquante → synchronisation (prise de rendez-vous)
 - a. Une demande d'ouverture en lecture est bloquante s'il n'y a aucun écrivain.
 - b. Une demande d'ouverture en écriture est bloquante s'il n'y a aucun lecteur.
2. Si l'ouverture est non bloquante
 - a. Une demande d'ouverture en lecture réussit toujours.
Les opérations de lecture ultérieures sont non bloquantes jusqu'à demande explicite du contraire.
 - b. Une demande d'ouverture en écriture échoue s'il n'y a aucun lecteur.
 - c. Une demande d'ouverture en écriture réussit s'il y a au moins un lecteur.
Les opérations d'écriture ultérieures sont non bloquantes jusqu'à demande explicite du contraire.

Exemple d'Utilisation d'un Tube Nommé

❑ Programme `ecrivain_nomme.c`

```
void main() {
int fd;

mkfifo("tube_echange.txt", 0666);

fd = open("tube_echange.txt", O_WRONLY);
write(fd, "Bonjour !", sizeof("Bonjour !"));
close(fd);
printf("Fin Ecrivain.");
}
```

❑ Programme `lecteur_nomme.c`

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

void main() {
int fd;
char car;

fd = open("tube_echange.txt", O_RDONLY);
while ( read(fd, &car, 1) != 0 )
    printf("Caractère lu : %c\n", car);
close(fd);
printf("Fin Lecteur.");
}
```

❑ Exécution de `ecrivain_nomme.c`

```
[student]$ ./ecrivain_nomme
bloqué sur open tant que lecteur n'a pas fait open à son tour
Fin Ecrivain.
[student]$
```

❑ Exécution de `lecteur_nomme.c`

```
[student]$
[student]$
[student]$ ./lecteur_nomme
Caractère lu : B
Caractère lu : o
Caractère lu : n
Caractère lu : j
Caractère lu : o
Caractère lu : u
Caractère lu : r
Caractère lu :
Caractère lu : !
Caractère lu :
Fin Lecteur.
[student]$
```