Programmation systèmes avancée

Wieslaw Zielonka

zielonka@irif.fr

Duplication de descripteurs

duplication de descripteurs

```
./mon_prog  <in.txt  >out.txt

cat in.txt  | ./mon_prog > out.txt
```

Le programme *mon_prog* lit l'entrée standard (le descripteur 0) et écrit à la sortie standard (descripteur 1).

On demande que le processus exécutant le programme mon_prog lise à partir de fichier in.txt et qu'il écrive dans out.txt sans qu'on change le code source du programme.

Solution : dupliquer les descripteurs.

dup()

```
#include <unistd.c>

int dup(int oldfd);

oldfd – un descripteur valide
```

RETOUR : nouveau descripteur si OK, -1 si erreur

La fonction retourne un nouveau descripteur de fichier qui pointe **vers le même élément de tableau de fichiers ouverts** que le descripteur *oldfr*.

Le système garantie que le descripteur retourné par `dup()` est le plus petit descripteur libre de la table de descripteurs.

exemple

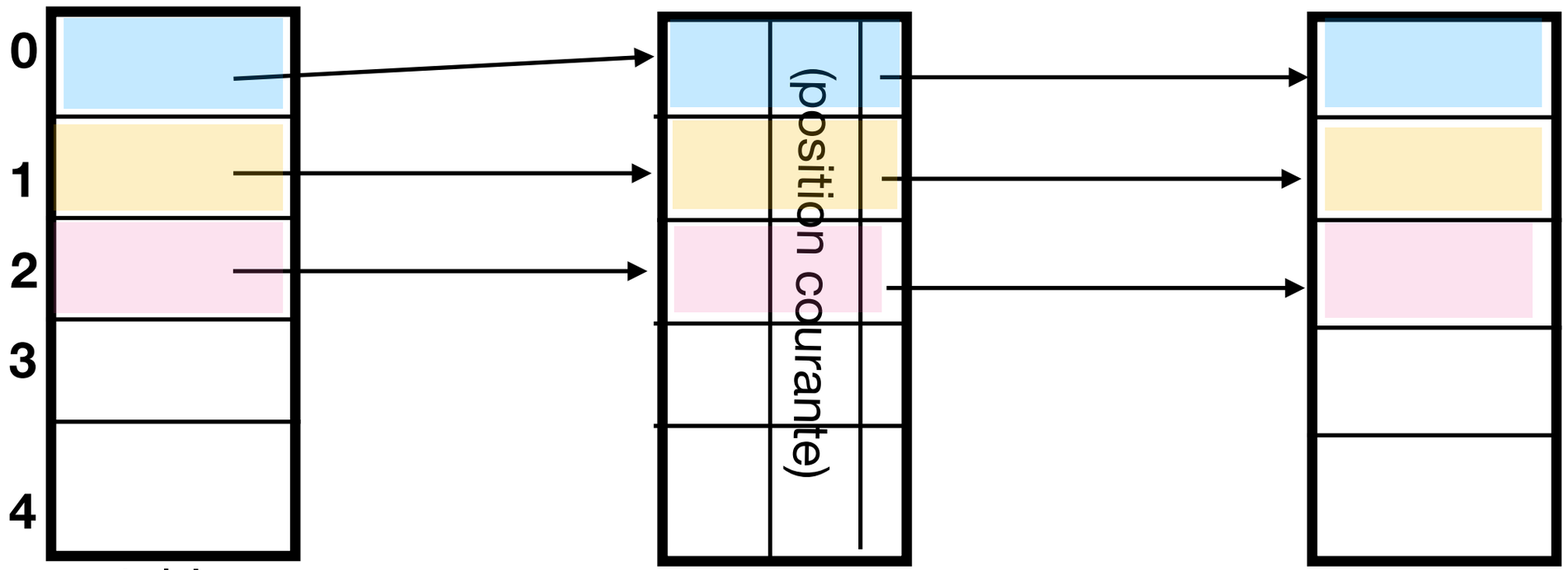


table
de descripteurs
du processus

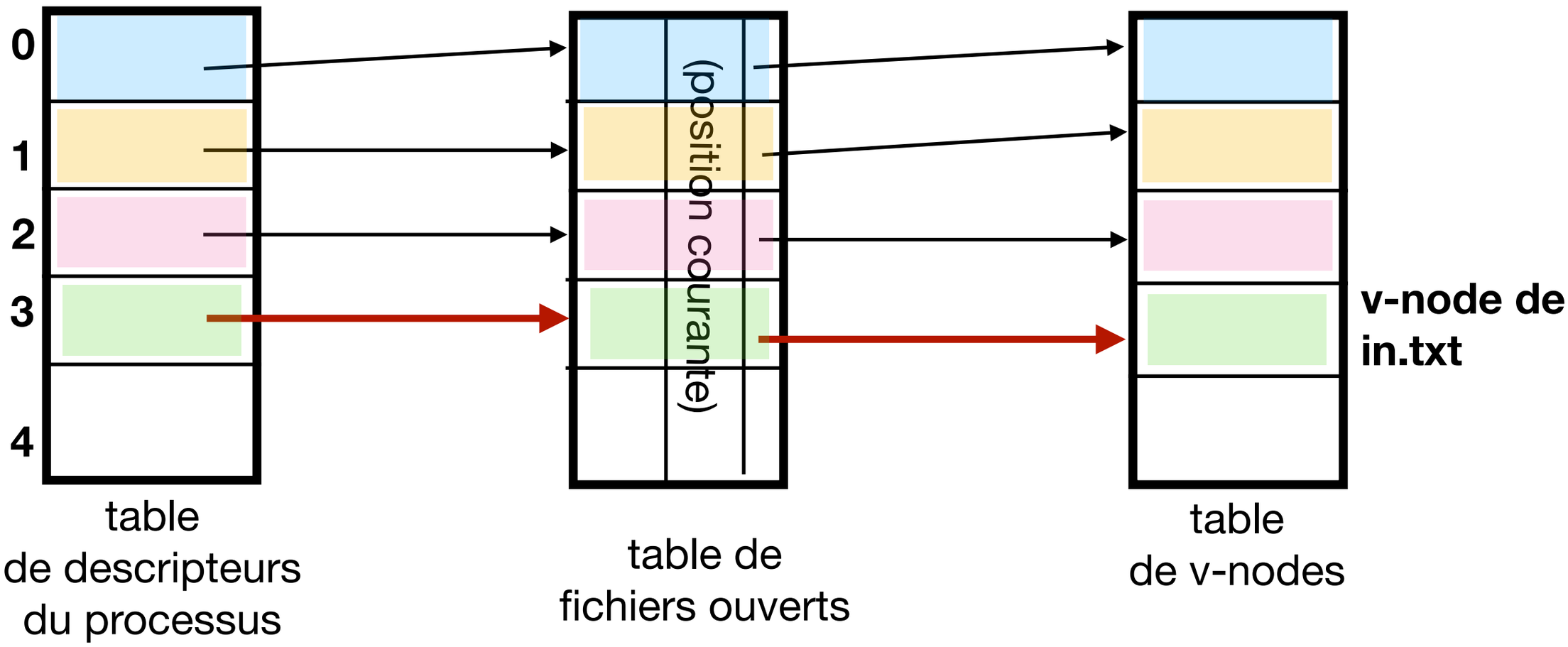
table de
fichiers ouverts

table
de v-nodes

Configuration initiale, les descripteurs 0, 1, 2 ouverts sur l'entrée standard, sortie standard et sortie d'erreurs standard.

exemple

```
int d = open("in.txt", O_RDONLY);
```

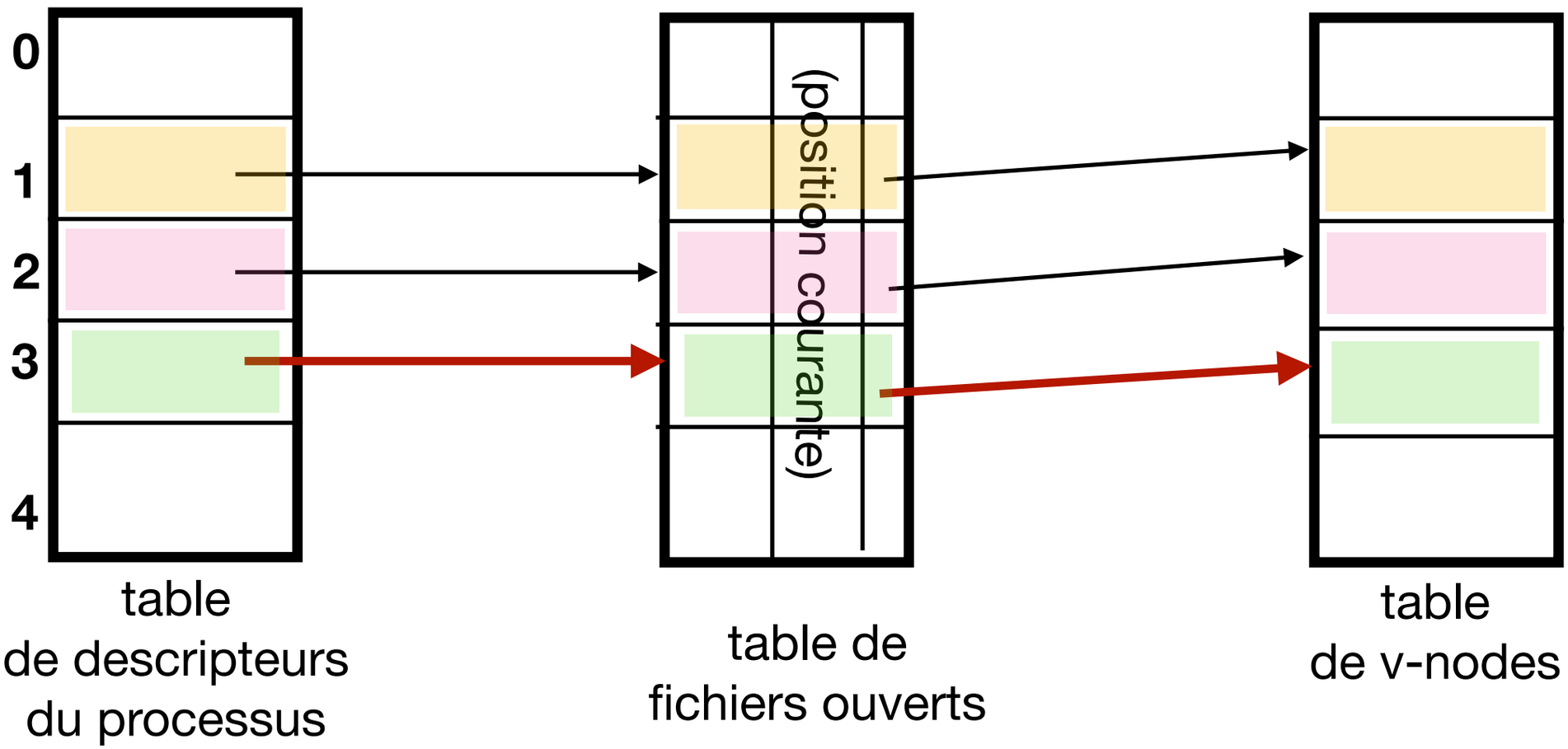


d == 3, nouveau descripteur ouvert

exemple

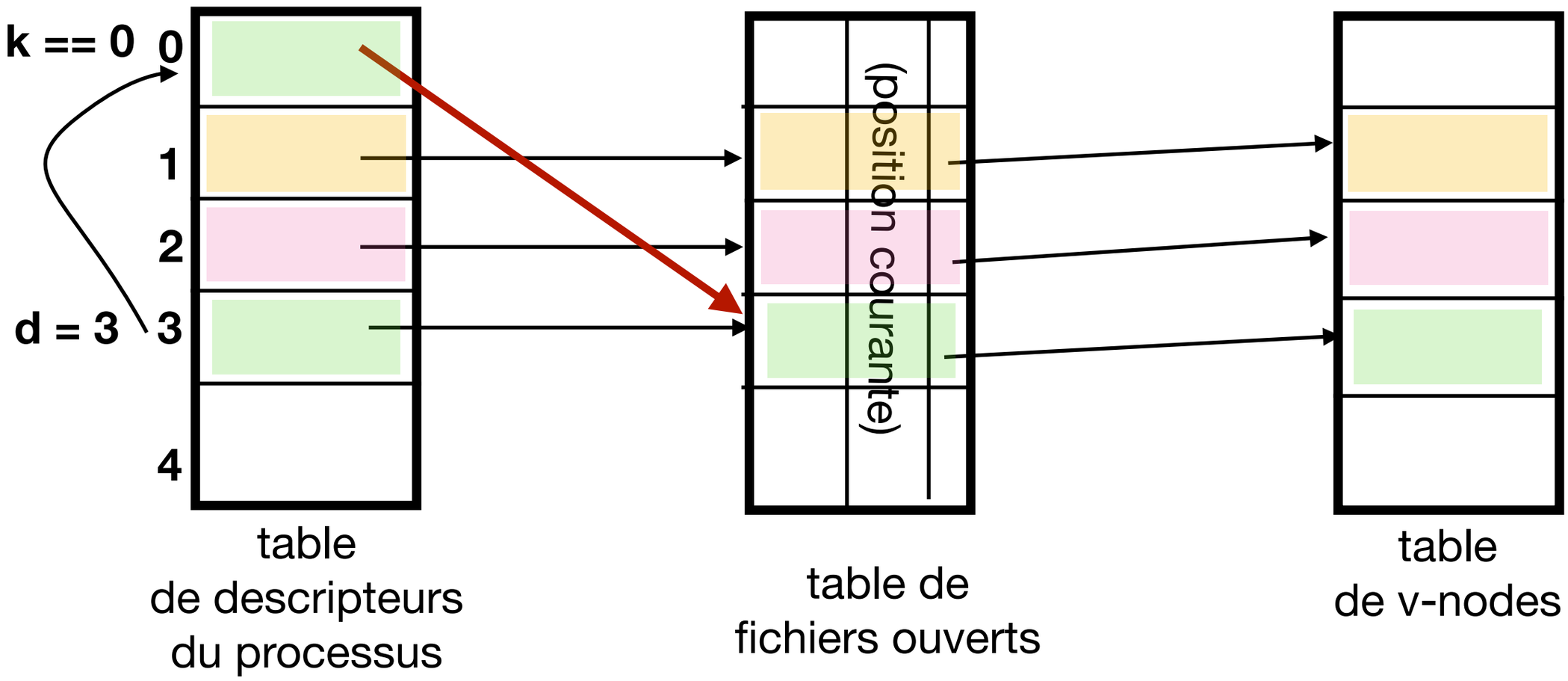
```
close( 0 );
```

Descripteur 0 devient libre.



exemple dup()

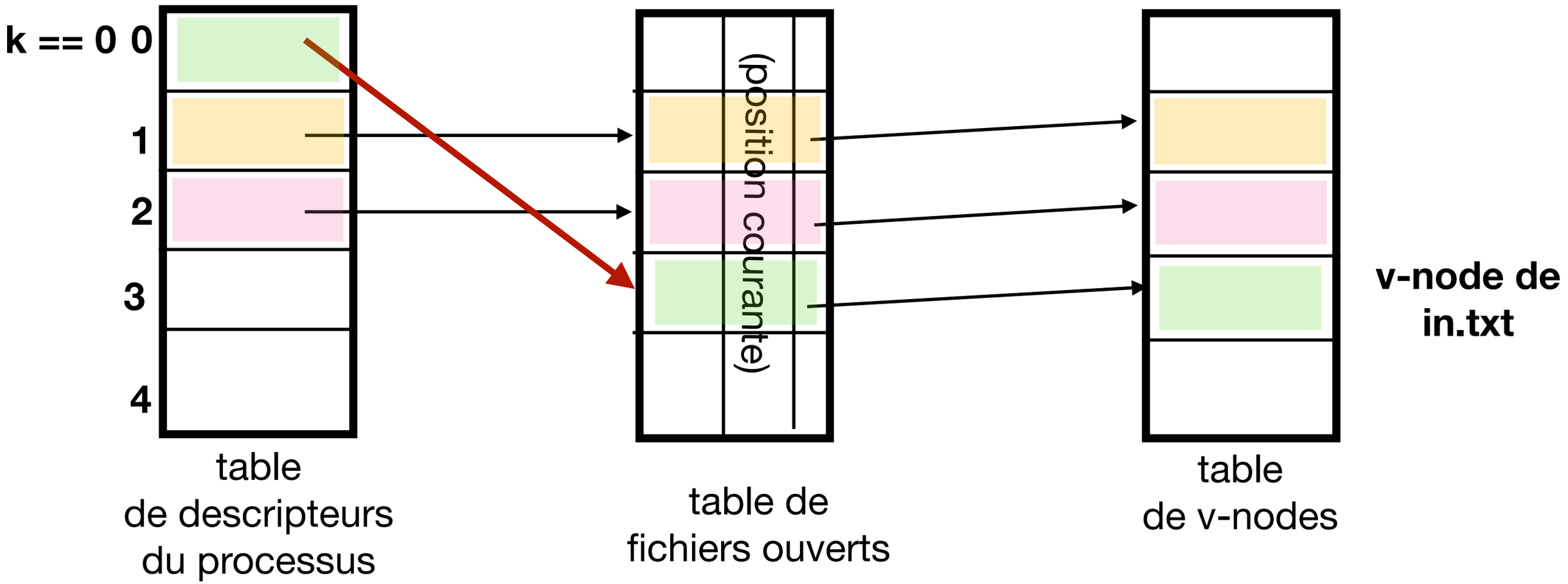
```
int k = dup( d );
/*  d == 3,  k <-- 0 */
```



Le descripteur 3 dupliqué dans 0.

exemple

```
close( d );
/*  fermer le descripteur non utilisé */
```



Les read(0, ...) sur le descripteur 0 entraîne la lecture de fichier `in.txt .`

dup()

Inconvénient de dup() :

il faut être sûr que le descripteur "cible" soit le premier descripteur libre.

dup2()

```
#include <unistd.h>

int dup2(int oldfd, int newfd);
```

RETOUR: le nouveau descripteur si OK, -1 si erreur

(si oldfd n'est pas un descripteur valide alors errno == EBADF)

- si le descripteur `newfd` est ouvert avant l'appel alors il sera d'abord fermé.
- ensuite le descripteur `oldfd` est recopié dans `newfd`

exemple

Redirection de descripteur 1 et 2 dans le fichier `out.txt` :

```
int d = open("out.txt", O_WRONLY);
```

```
dup2(d, 1);

dup2(d, 2);

/* maintenant les descripteurs 0, 1, d

 * pointent vers le même fichier ouvert */

close( d );
```

l'écriture dans les descripteurs 1 et dans 2 entraînera l'écriture dans le fichier `out.txt`.

exemple

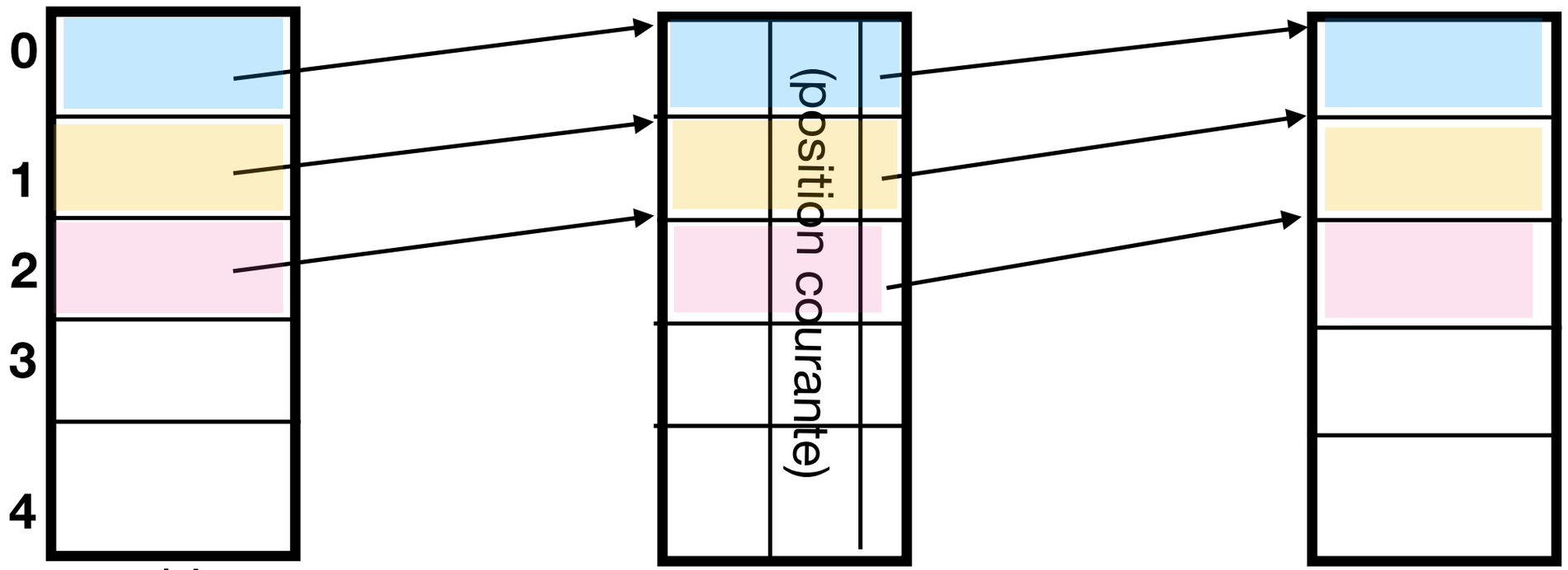


table
de descripteurs
du processus

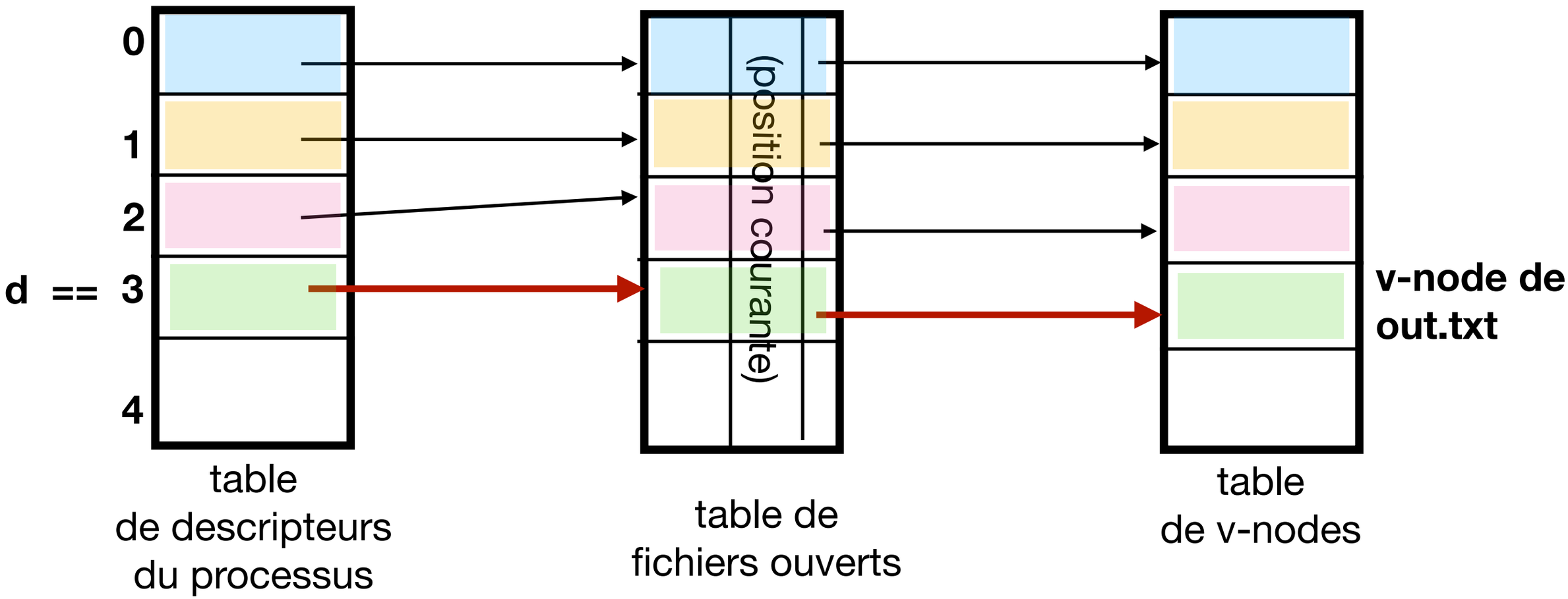
table de
fichiers ouverts

table
de v-nodes

Configuration initiale, les descripteurs 0, 1, 2 ouverts sur l'entrée standard, sortie standard et sortie d'erreurs standard.

exemple

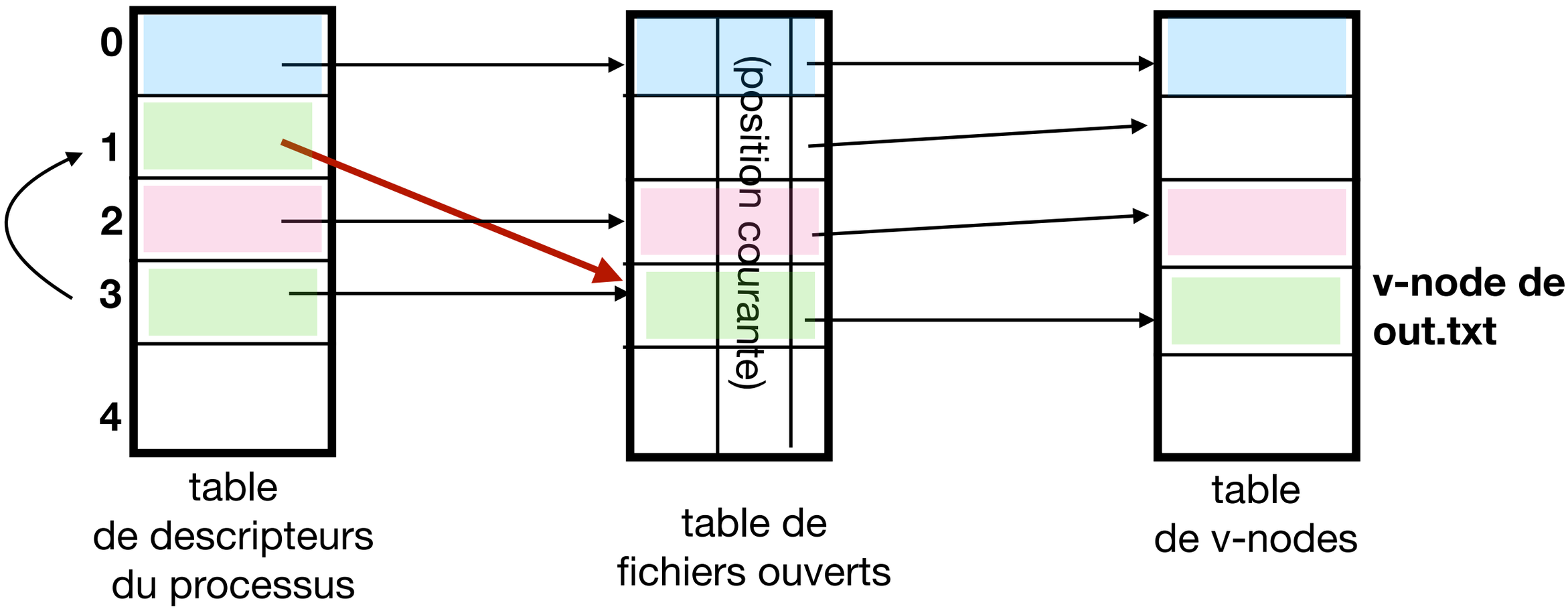
```
int d = open("out.txt", O_WRONLY);
```



d == 3, nouveau descripteur ouvert

exemple

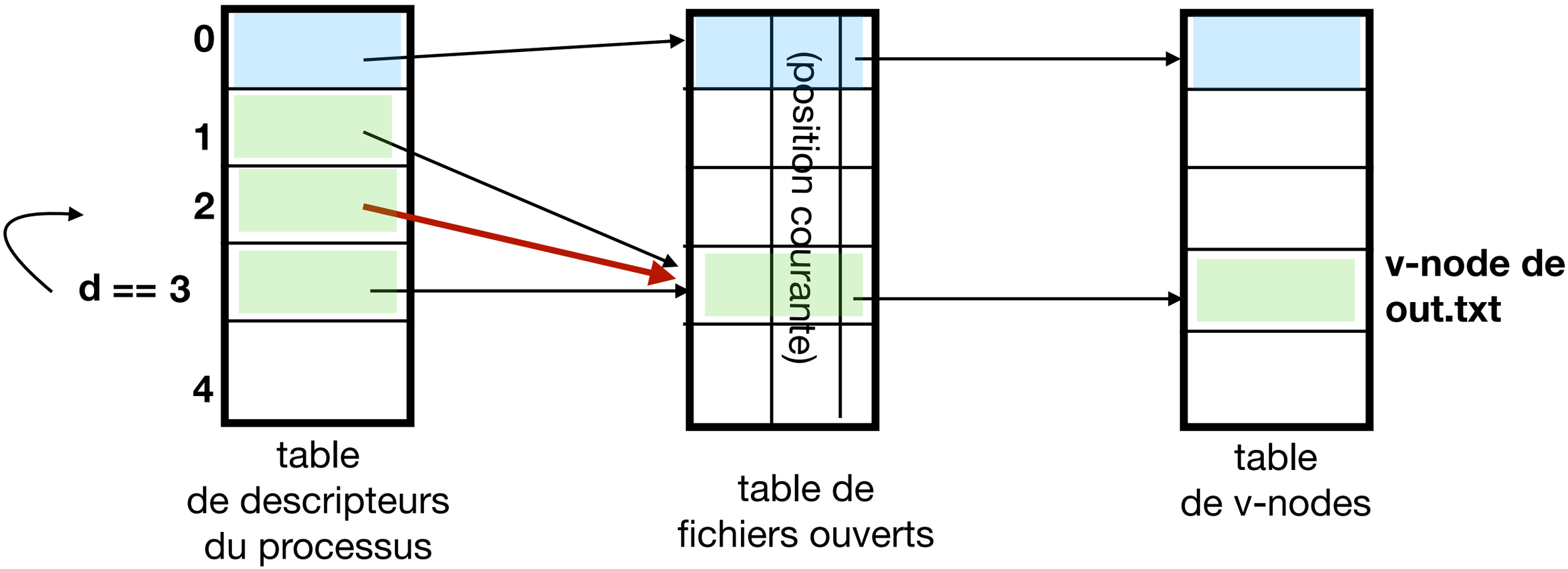
```
dup2( d, 1 );
```



descripteur 1 ferme
descripteur 3 (d ==3) recopié dans 1

exemple

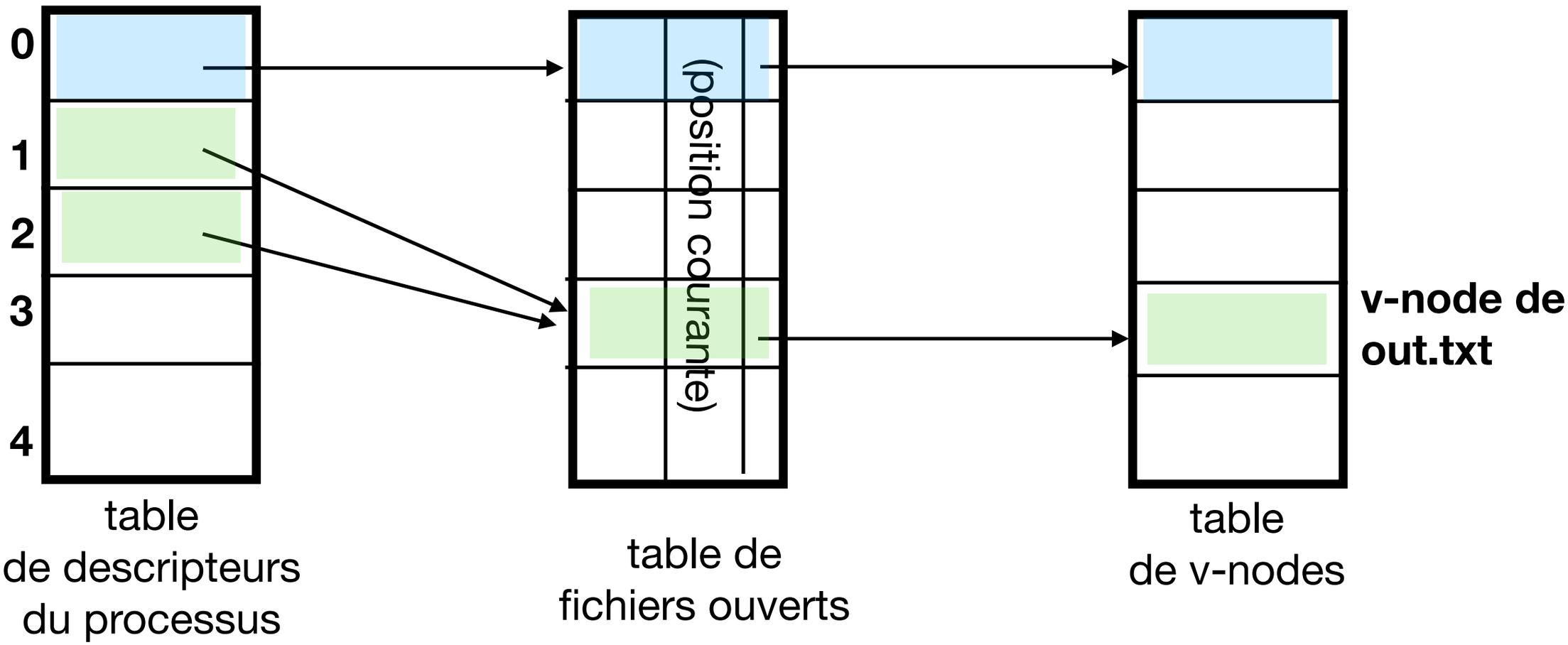
```
dup2( d, 2 );
```



descripteur 2 ferme
descripteur 3 (d == 3) recopié dans 2

exemple

```
close( d );
```



Maintenant les écritures sur les descripteurs 1 et 2 entraîneront l'écriture dans le fichier out.txt

Les verrous des fichiers
les verrous flock

Verrous de fichier

Pourquoi les verrous ?

Verrouillage de fichier

Verrous :

- poser un verrou
- effectuer une opération (ou des opérations) de lecture/écriture sur un fichier
- enlever le verrou.

Deux types de verrou :

- le verrou consultatif (advisory) : un processus peut ignorer les verrous posés par d'autres processus et accéder au fichier. Pour que les verrous puissent avoir un effet tous les processus doivent coopérer. Par défaut dur les système UNIX les verrous sont consultatifs et ce sont les seuls verrous couverts par POSIX.

- le verrou obligatoire (mandatory) : le processus essayant d'accéder au fichier verrouillé sera contraint à respecter les conditions imposées par le verrouillage même s'il ne veut pas coopérer.

Verrous flock()

Les verrous BSD, ne font pas partie de POSIX mais présent sur presque tous les systèmes UNIX.

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

int flock(int fd, int operation)
```

pose le verrou sur tout le fichier. Retourne 0 en cas de succès, -1 sinon.

- fd - un descripteur de fichier valide

Verrous flock() - opérations

valeur	description
LOCK_SH	placer le verrou partagé sur un fichier dont le descripteur est fd
LOCK_EX	placer le verrou exclusif sur le fichier fd
LOCK_UN	déverrouiller le fichier dont le descripteur est fd
LOCK_NB	faire une demande de verrou non bloquante

Verrous flock()

Plusieurs processus peuvent posséder en même temps les **verrous partagés** sur le même fichier. On pose le verrou partagé pour effectuer une **lecture**.

A chaque moment seulement au plus un processus peut posséder un **verrou exclusif** sur un fichier, d'autres processus ne peuvent pas avoir ni verrou exclusif ni partagé pendant ce temps. On pose le verrou exclusif pour effectuer des **écritures** et/ou des lectures.

Il est possible de convertir un verrou d'un type (partagé/exclusif) vers un autre type (exclusif/partagé) avec l'appel à flock() en spécifiant le nouveau type de verrou.

Conversion de verrou partagé vers exclusif peut être bloquante (s'il y a d'autres processus possédant les verrous partagés). La conversion de verrou n'est pas atomique, elle se déroule en deux étapes

1. la libération de verrou que le processus possède suivi de
2. la tentative d'obtention de nouveau verrou.

Mais entre 1 et 2 un autre processus peut obtenir le verrou donc notre processus peut perdre le verrou après 1 et être bloqué sur l'opération 2.

Verrous flock()

L'opération d'acquisition de verrou est normalement bloquante (le processus bloque jusqu'à l'obtention de verrou).

On ajoute LOCK_NB pour la rendre non-bloquante:

```
int n = flock( fd, LOCK_EX | LOCK_NB );

if( n == -1 && errno == EWOULDBLOCK ){

    // c'est le cas ou le verrou n'est pas acquis parce que

    // d'autres processus détiennent un verrou non-compatible

    // avec le verrou exclusif demandé.

   .....

}
```

De la même façon LOCK_SH | LOCK_NB rend la demande de verrou partagé non-bloquante.

Verrous flock() et fork, exec

Les verrous flock() sont associés à la table de fichier ouvert.

Donc si deux descripteurs pointent vers la même entrée dans la table de fichiers ouverts alors les deux processus possèdent le même verrou.

Conséquences:

A. processus A obtient le verrou sur un fichier xyz.txt

B. processus A fait fork() et crée un processus enfant B

C. les deux processus A et B possèdent le verrou (même dans le cas de verrou exclusif).

Ce comportement permet de passer le verrou flock() du parent vers l'enfant de manière atomique :

1. processus A obtient le verrou et fait fork() en créant l'enfant B
2. le parent fait close() sur le descripteur (sans déverrouillage!), à partir de ce moment seulement l'enfant détient le verrou
3. l'enfant fait exec() -- le verrou est préservé à travers de exec().

Verrous flock() et dup/dup2

Quand un processus duplique un descripteur avec dup() ou dup2() les deux descripteurs partagent toujours le verrou. Quand on libère le verrou sur un descripteur le verrou est automatiquement libéré sur l'autre descripteur.

```
flock( fd, LOCK_EX );

newfd = dup( fd );

flock( newfd, LOCK_UN);  // libère le verrou sur newdf

                         // mais aussi sur  fd
```

Si on ouvre le même fichier deux fois avec open() le deux descripteurs sont traités de façon indépendante par les verrous flock.

limitation de flock

- pas de possibilité d'obtenir le verrou sur une partie du fichier, cela limite le parallélisme,
- seulement les verrous consultatifs
- le système de fichier NFS souvent ne prend pas en compte les verrous flock

Les verrous des fichiers
les verrous fcntl

verrous fcntl

Ce sont les verrous POSIX. Permettent de faire verrouiller une partie du fichier. Au lieu d parler de verrous de fichiers il serait plus approprié de parler de verrous de verrous d'intervalle.

struct flock flockstr;

/* remplir la structure flockstr */

fcntl(fd, cmd, &flockstr);

fd - descripteur de fichier dont nous voulons verrouiller/ déverrouiller une partie.

verrous fcntl - struct flock

```
struct flock{
  short   l_type;  //type de verrou : F_RDLCK, F_WRLCK, F_UNLCK
  short   l_whence ; // valeurs SEEK_SET, SEEK_CUR,
SEEK_END
  off_l    l_start; //offset du début de verrou relatif à l_whence
  off_t    l_len;  // longueur l'intervalle en  octets, peut-être < 0
  pid_t l_pid;  // pid du processus qui empêche la pose de verrou
                //retourné  avec F_GETLK
}
```

verrous fcntl - paramètre cmd

le paramètre cmd de fcntl prend une de trois valeurs:

F_SETLK - obtenir ou libérer un verrou. Si l'acquisition de verrou impossible parce qu'un autre processus détient un verrou incompatible alors fcntl() retourne tout de suite -1 et errno prend la valeur EAGIN ou EACCES

F_SETLKW - comme précédent, mais l'appel est bloquant jusqu'à ce que l'acquisition de verrou devienne possible (W à la fin == wait). Un signal peut interrompre l'attente (errno == EINTR). Utile pour l'alarme ou timeout.

F_GETFLK - permet de vérifier si l'acquisition de verrou est possible (sans le demander). Le type de verrou *`l_type`* de struct flock doit être F_RDLCK ou F_WRLCK.

Si l'acquisition de verrou est possible *`l_type`* prendra la valeur F_UNLCK.

Si l'acquisition de verrou est impossible `struct flock` retournera l'information sur un verrou incompatible détenu par un autre processus avec l'identité de ce processus dans le champ `l_pid`.

jusqu'à la fin de fichier

`l_len == 0`

indique qu'on demande de verrouiller tous les octets à partir d'une position donnée jusqu'à la fin de fichier et que ***l'intervalle verrouillé s'étend automatiquement quand la taille de fichier augmente.***

```
struct flock fl;

fl.l_type = F_WRLCK; fl.l_start = 0;

fl.l_whence = SEEK_END; fl.l_fl.l_len = 0;

fcntl( fd, F_SETLK, &fl );  /* le verrou s'étend sur tous
le nouveau octets qui seront ajoutés à la fin de fichier */
```

verrous fcntl

- libérer un verrou qu'on ne possède pas ne pose pas de problème
- changer le verrou sur certain segment de fichier est atomique (contrairement à `flock`)
- un processus ne peut jamais avoir le conflit de verrou avec le verrou qu'il a posé lui-même (contrairement à flock)
- placer un verrou exclusif au milieu de segment déjà verrouillé par un verrous partagé peut diviser le segment en trois segments avec de verrous distincts.
- avec F_SETLKW un deadlock (inter-blocage) est possible. Le noyau détecte quand le deadlock survient, l'appel à fcntl termine avec échec et `errno == EDEADLK` indique que l'échec est du à un deadlock.

deadlock

Le fichier "toto" contient deux octets : ab

- processus A pose le verrou exclusif le verrou sur le premier octet
- processus B pose le verrou exclusif sur le deuxième octet
- processus A tente de poser le verrou sur le deuxième octet
- processus B tente de poser le verrous sur le premier octet

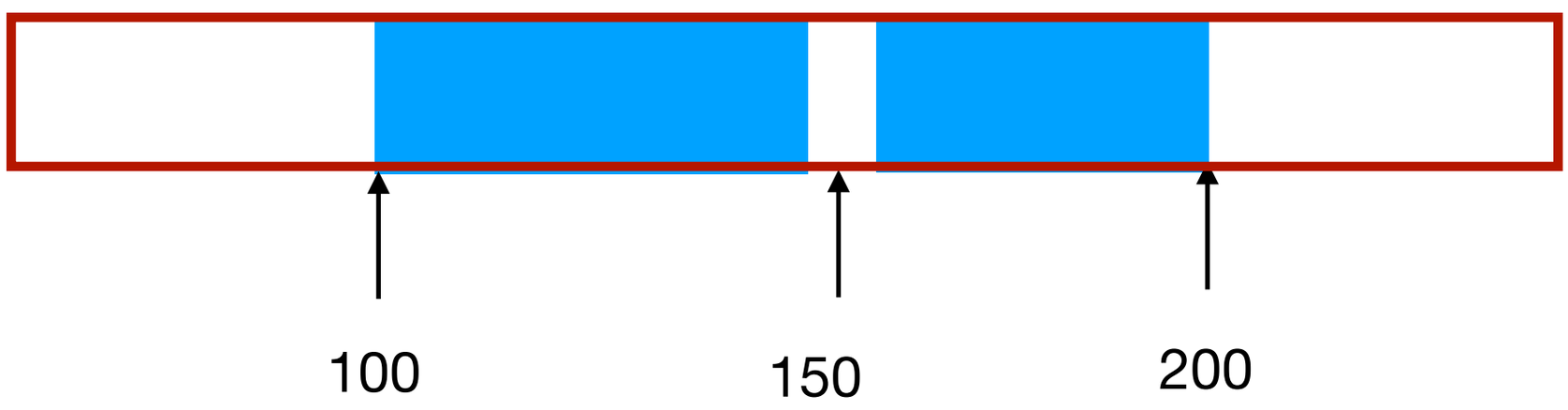
La deuxième tentative échoue pour un des deux processus et

```
errno == E_DEADLK
```

intervalles de verrou

processus A possède une verrou sur l'intervalle entre 100 et 199 :

processus A libère le verrous sur l'octets 150

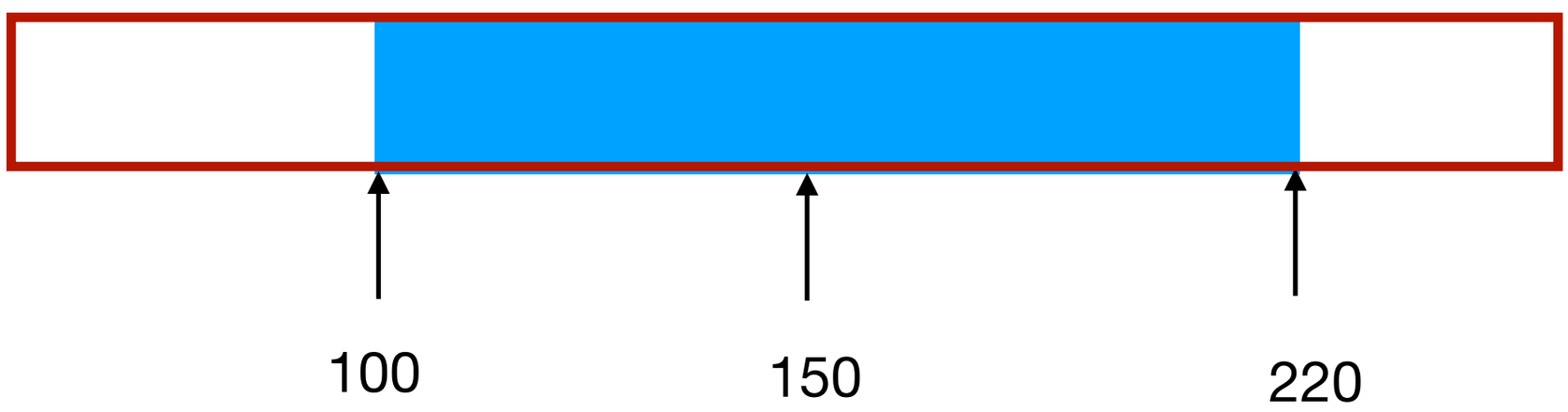


l'intervalle est divisé en deux

intervalles de verrou

processus A possède une verrou sur l'intervalle entre 100 et 170 :

processus A demande le même type de verrous sur l'intervalle 150 - 220



il possède le verrou sur l'intervalle 100 - 220

la famine

POSIX ne spécifie pas ce qui se passe dans la situation suivante :

- processus A pose un verrou partagé sur un intervalle
- processus B tente de poser un verrous exclusif en conflit avec le verrous précédent (et il bloque)
- processus C tente de poser une verrou partagé sur le même intervalle.

Il est possible que processus C obtient le verrou et B continue à être bloqué. Les processus qui posent les verrous partagés peuvent bloquer de façon permanent le processus B

les règles

Les verrous sont associés au couple (processus, fichier).

Deux implications :

1. quand le processus termine tous les verrous qu'il possède sont levés.
2. si le processus ferme un descripteur alors tous les verrous qu'il a posé sur le même fichier sont levés, peu importe si c'est le même descripteur ou non.

```
fd1 = open( chemin, ....);
read_lock(fd1, ... ); /* fonction qui pose le verrou fcntl */
fd2 = dup(fd1);
close(fd2);  /* cela enlève le verrou sur fd1 */
```

les règles

2. si le processus ferme un descripteur alors tous les verrous qu'il a posé sur le même fichier sont levés, peu importe si c'est le même descripteur ou non.

```
fd1 = open( chemin, ....);
read_lock(fd1, ... ); /* fonction qui pose le verrou fcntl */
fd2 = open(chemin, ... )
close(fd2);  /* cela enlève le verrou sur fd1 */
```

cela peut poser des problèmes : le processus utilise des fonctions d'une librairie qui pose les verrous sur les fichiers (mais nous ne ne les savons pas, peut-être nous n'avons de de code de la librairie). Notre code ouvre les mêmes fichiers et le ferme en supprimant les verrous posés par la librairie.

les règles

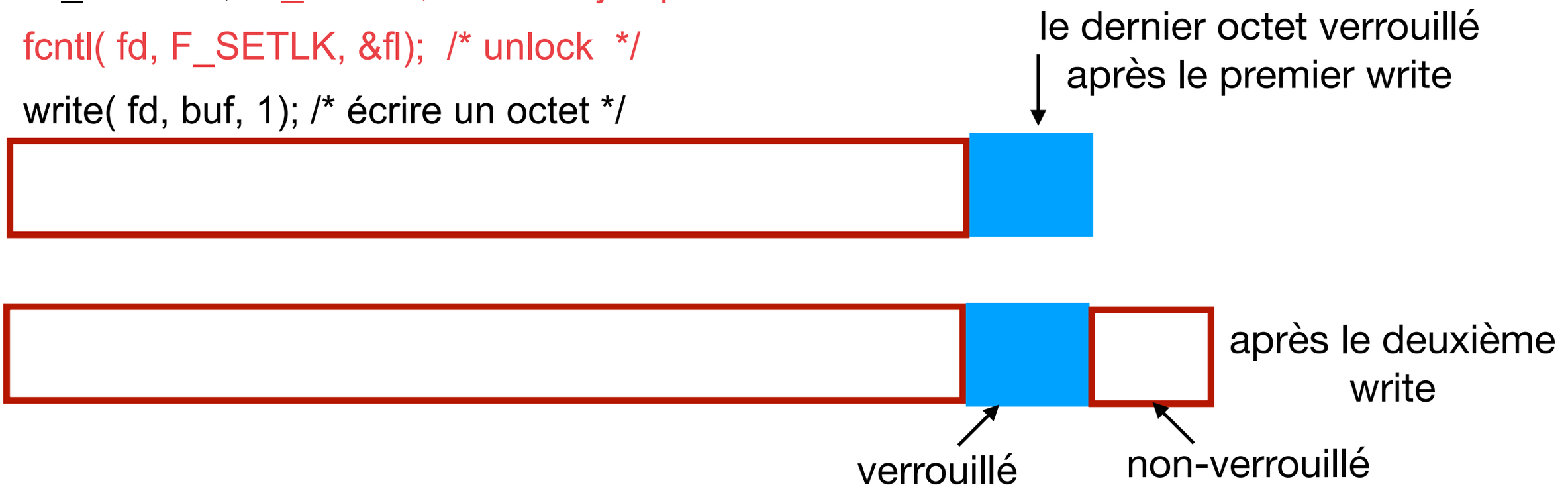
- Les verrous fcntl posés par un parent ne sont pas hérités par le processus enfant
- les verrous sont préservés par un exec..()

verrous fcntl à la fin de fichier

La plupart d'implémentations convertissent les verrous posés avec SEEK_CUR et SEEK_END en verrou SEEK_SET.

```
struct flock fl;

fl.l_type = F_WRLCK;  fl.l_whence = SEEK_END;

fl.l_start = 0; fl.l_len = 0; /* lock jusqu'à la fin de fichier */

fcntl( fd, F_SETLK, &fl);  /* lock */

write( fd, buf, 1); /* écrire un octet */
```

```
fl.l_type = F_UNLCK;  fl.l_whence = SEEK_END;

fl.l_start = 0; fl.l_len = 0; /* unlock jusqu'à la fin de fichier */

fcntl( fd, F_SETLK, &fl);  /* unlock  */

write( fd, buf, 1); /* écrire un octet */
```



Implementation FreeBSD