Exclusion mutuelle sans attente active
La primitive `select`

Luigi Santocanale

Laboratoire d'Informatique Fondamentale,
Centre de Mathématiques et Informatique,
39, rue Joliot-Curie - F-13453 Marseille

8 décembre 2004

Plan

1. L'exclusion mutuelle sans attente
   - Les primitives `sleep` et `wakeup`
   - Les sémaphores et les mutex
   - Les moniteurs
2. Aperçu des interfaces **SysV IPC** et **POSIX threads**
   - Les sémaphores dans le System V IPC
   - Les threads POSIX
3. La primitive select
   - La primtive select

Plan

1. L'exclusion mutuelle sans attente
   - Les primitives `sleep` et `wakeup`
   - Les sémaphores et les mutex
   - Les moniteurs
2. Aperçu des interfaces **SysV IPC** et **POSIX threads**
   - Les sémaphores dans le System V IPC
   - Les threads POSIX
3. La primitive select
   - La primtive select

sleep et wakeup

Idée :

- Au lieu de l'attente active (= consommation de la CPU) on s'endort : primitive

  sleep,

- Un processus peut reveiller un autre processus : primitive

  wakeup.

sleep et wakeup

Idée :

- Au lieu de l'attente active (= consommation de la CPU) on s'endort : primitive

  sleep,

- Un processus peut reveiller un autre processus : primitive

  wakeup.

sleep et wakeup

Idée :

- Au lieu de l'attente active (= consommation de la CPU) on s'endort : primitive

  sleep,

- Un processus peut reveiller un autre processus : primitive

  wakeup.

sleep et wakeup

Idée :

- Au lieu de l'attente active (= consommation de la CPU) on s'endort : primitive

  `sleep`,

- Un processus peut reveiller un autre processus : primitive

  `wakeup`.

Le modèle producteur-consommateur

- n cases, chacune est libre ou pleine.
- Le producteur :
  - peut remplir une case s'il y en a libres,
    sinon il s'endort en attente d'être réveillé par le consommateur.
  - àprez avoir produit,
    il réveille le consommateur si une seule case est pleine.
- Le consommateur :
  - peut vider une case s'il y en a pleines,
    sinon il s'endort en attente d'être réveillé par le producteur.
  - àprez avoir consommé,
    il réveille le producteur si une seule case est vide.

Le modèle producteur-consommateur

- n cases, chacune est libre ou pleine.
- Le producteur :
  - peut remplir une case s'il y en a libres,
    sinon il s'endort en attente d'être réveillé par le consommateur.
  - àprez avoir produit,
    il réveille le consommateur si une seule case est pleine.
- Le consommateur :
  - peut vider une case s'il y en a pleines,
    sinon il s'endort en attente d'être réveillé par le producteur.
  - àprez avoir consommé,
    il réveille le producteur si une seule case est vide.

Le modèle producteur-consommateur

- *n* cases, chacune est libre ou pleine.
- Le producteur :
  - peut remplir une case s'il y en a libres,
    sinon il s'endort en attente d'être réveillé par le consommateur.
  - àprez avoir produit,
    il réveille le consommateur si une seule case est pleine.
- Le consommateur :
  - peut vider une case s'il y en a pleines,
    sinon il s'endort en attente d'être réveillé par le producteur.
  - àprez avoir consommé,
    il réveille le producteur si une seule case est vide.

Le modèle producteur-consommateur

- n cases, chacune est libre ou pleine.
- Le producteur :
  - peut remplir une case s'il y en a libres,
    sinon il s'endort en attente d'être réveillé par le consommateur.
  - àprez avoir produit,
    il réveille le consommateur si une seule case est pleine.
- Le consommateur :
  - peut vider une case s'il y en a pleines,
    sinon il s'endort en attente d'être réveillé par le producteur.
  - àprez avoir consommé,
    il réveille le producteur si une seule case est vide.

Le modèle producteur-consommateur

- n cases, chacune est libre ou pleine.
- Le producteur :
  - peut remplir une case s'il y en a libres,
    sinon il s'endort en attente d'être réveillé par le consommateur.
  - àprez avoir produit,
    il réveille le consommateur si une seule case est pleine.

- Le consommateur :
  - peut vider une case s'il y en a pleines,
    sinon il s'endort en attente d'être réveillé par le producteur.
  - àprez avoir consommé,
    il réveille le producteur si une seule case est vide.

Le modèle producteur-consommateur

- n cases, chacune est libre ou pleine.
- Le producteur :
  - peut remplir une case s'il y en a libres,
    sinon il s'endort en attente d'être réveillé par le consommateur.
  - àprez avoir produit,
    il réveille le consommateur si une seule case est pleine.

- Le consommateur :
  - peut vider une case s'il y en a pleines,
    sinon il s'endort en attente d'être réveillé par le producteur.
  - àprez avoir consommé,
    il réveille le producteur si une seule case est vide.

Le modèle producteur-consommateur

- n cases, chacune est libre ou pleine.
- Le producteur :
  - peut remplir une case s'il y en a libres,
    sinon il s'endort en attente d'être réveillé par le consommateur.
  - àprez avoir produit,
    il réveille le consommateur si une seule case est pleine.

- Le consommateur :
  - peut vider une case s'il y en a pleines,
    sinon il s'endort en attente d'être réveillé par le producteur.
  - àprez avoir consommé,
    il réveille le producteur si une seule case est vide.

pseudo-code

```
1 : /* compteur est une variable partagé */
2 : /* entre le producteur et le  consommateur */
3 : int compteur = 10; /* Nombre de cases pleines */
```

pseudo-code

```
1 : /* compteur est une variable partagé */
2 : /* entre le producteur et le  consommateur */
3 : int compteur = 10; /* Nombre de cases pleines */
```

```
1 : producteur()
2 : {
3 :   while (1)
4 :   {
5 :     if (compteur == N)
6 :       sleep();
7 :     compteur++;
8 :     if (compteur == 1)
9 :       wakeup(consommateur);
10 :  }
11 : }
```

pseudo-code

```
1 : /* compteur est une variable partagé */
2 : /* entre le producteur et le  consommateur */
3 : int compteur = 10; /* Nombre de cases pleines */
```

```
1 : producteur()
2 : {
3 :   while (1)
4 :   {
5 :     if (compteur == N)
6 :       sleep();
7 :     compteur++;
8 :     if (compteur == 1)
9 :       wakeup(consommateur);
10 :  }
11 : }
```

```
1 : consommateur()
2 : {
3 :   while (1)
4 :   {
5 :     if (compteur == 0)
6 :       sleep();
7 :     compteur--;
8 :     if (compteur == N - 1)
9 :       wakeup(producteur);
10 :  }
11 : }
```

Problèmes

Assomption :

- un `wakeup` est reçu si le destinataire est endormi.

Problème :

- un `wakeup` est perdu si le destinataire n'est pas endormi.

Problèmes

Assomption :

- un `wakeup` est reçu si le destinataire est endormi.

Problème :

- un `wakeup` est perdu si le destinataire n'est pas endormi.

Exemples de perte de messages

Si `compteur == N`,
dans l' exécution parallèle de :

```
if(compteur == N) sleep();
```

```
compteur--;

if(compteur == N-1)
   wakeup(producteur);
```

De même, si `compteur == 0`,
dans l' exécution parallèle de :

```
compteur++;

if(compteur == 1)
   wakeup(consommateur);
```

```
if(compteur == 0) sleep();
```

Exemples de perte de messages

Si compteur == N,
dans l' exécution parallèle de :

```
if(compteur == N) sleep();
```

```
compteur--;

if(compteur == N-1)
   wakeup(producteur);
```

De même, si compteur == 0,
dans l' exécution parallèle de :

```
compteur++;

if(compteur == 1)
   wakeup(consommateur);
```

```
if(compteur == 0) sleep();
```

Exemples de perte de messages

Si compteur == N,
dans l' exécution parallèle de :

```
if(compteur == N) sleep();
```

```
compteur--;

if(compteur == N-1)
   wakeup(producteur);
```

De même, si compteur == 0,
dans l' exécution parallèle de :

```
compteur++;

if(compteur == 1)
   wakeup(consommateur);
```

```
if(compteur == 0) sleep();
```

Exemples de perte de messages

Si compteur == N,
dans l' exécution parallèle de :

```
if(compteur == N) sleep();
```

```
compteur--;

if(compteur == N-1)
   wakeup(producteur);
```

De même, si compteur == 0,
dans l' exécution parallèle de :

```
compteur++;

if(compteur == 1)
   wakeup(consommateur);
```

```
if(compteur == 0) sleep();
```

Solutions (I)

- un message envoié à un processus pas endormi est mis en attente (masqué, bloqué) (Implememtation : bit de réveil d'attente).

- Exécuter les codes

```
if(compteur == N) sleep();
```

```
compteur--;
if(compteur == N-1)
   wakeup(producteur);
```

```
compteur++;
if(compteur == 1)
   wakeup(consommateur);
```

```
if(compteur == 0) sleep();
```

en exclusion mutuelle.

Solutions (I)

- un message envoié à un processus pas endormi est mis en attente (masqué, bloqué) (Implememtation : bit de réveil d'attente).
- Exécuter les codes

```
if(compteur == N) sleep();
```

```
compteur--;
if(compteur == N-1)
   wakeup(producteur);
```

```
compteur++;
if(compteur == 1)
   wakeup(consommateur);
```

```
if(compteur == 0) sleep();
```

en exclusion mutuelle.

Solutions (I)

- un message envoié à un processus pas endormi est mis en attente (masqué, bloqué) (Implememtation : bit de réveil d'attente).
- Exécuter les codes

```
if(compteur == N) sleep();
```

```
compteur++;
if(compteur == 1)
   wakeup(consommateur);
```

```
compteur--;
if(compteur == N-1)
   wakeup(producteur);
```

```
if(compteur == 0) sleep();
```

en exclusion mutuelle.

Solutions (I)

- un message envoié à un processus pas endormi est mis en attente (masqué, bloqué) (Implememtation : bit de réveil d'attente).
- Exécuter les codes

```
if(compteur == N) sleep();
```

```
compteur++;
if(compteur == 1)
   wakeup(consommateur);
```

```
compteur--;
if(compteur == N-1)
   wakeup(producteur);
```

```
if(compteur == 0) sleep();
```

en exclusion mutuelle.

Solutions (II)

- Exécuter le code :

```
compteur--;
if(compteur == N-1)
   wakeup(producteur);
```

et le code :

```
compteur++;
if(compteur == 1)
   wakeup(consommateur);
```

de façon non interruptible, atomique.

Solutions (II)

- Exécuter le code :

```
compteur--;
if(compteur == N-1)
   wakeup(producteur);
```

et le code :

```
compteur++;
if(compteur == 1)
   wakeup(consommateur);
```

de façon non interruptible, atomique.

Solutions (II)

- Exécuter le code :

```
compteur--;
if(compteur == N-1)
   wakeup(producteur);
```

et le code :

```
compteur++;
if(compteur == 1)
   wakeup(consommateur);
```

de façon non interruptible, atomique.

Plan

1. L'exclusion mutuelle sans attente
   - Les primitives sleep et wakeup
   - Les sémaphores et les mutex
   - Les moniteurs
2. Aperçu des interfaces **SysV IPC** et **POSIX threads**
   - Les sémaphores dans le System V IPC
   - Les threads POSIX
3. La primitive select
   - La primtive select

Les sémaphores

Un sémaphore est une variable

`sem` de type entier

- avec une opération `down` t.q. :
  si `sem == 0` et un processus fait `down(sem)`,
  alors le processus s'endort.
  Après : `sem == 0`.
- avec une opération `up` :
  si `sem == 0` et un processus fait `up(sem)`,
  alors le processus réveille un autre processus à hasard,
  endormi sur ce sémaphore,
  Après : `sem == 1`.

Les opérations `down` et `up` sont atomiques.

Un *mutex* et un sémaphore qui
prend toujours un valeur entre 0, 1.

Les sémaphores

Un sémaphore est une variable

`sem` de type entier

- avec une opération `down` t.q. :
  si `sem == 0` et un processus fait `down(sem)`,
  alors le processus s'endort.
  Après : `sem == 0`.
- avec une opération `up` :
  si `sem == 0` et un processus fait `up(sem)`,
  alors le processus réveille un autre processus à hasard,
  endormi sur ce sémaphore,
  Après : `sem == 1`.

Les opérations `down` et `up` sont atomiques.

Un *mutex* et un sémaphore qui
prend toujours un valeur entre 0, 1.

Les sémaphores

Un sémaphore est une variable

`sem` de type entier

- avec une opération `down` t.q. :
  si `sem == 0` et un processus fait `down(sem)`,
  alors le processus s'endort.
  Après : `sem == 0`.
- avec une opération `up` :
  si `sem == 0` et un processus fait `up(sem)`,
  alors le processus réveille un autre processus à hasard,
  endormi sur ce sémaphore,
  Après : `sem == 1`.

Les opérations `down` et `up` sont atomiques.

Un *mutex* et un sémaphore qui
prend toujours un valeur entre `0,1`.

Les sémaphores

Un sémaphore est une variable

`sem` de type entier

- avec une opération `down` t.q. :
  si `sem == 0` et un processus fait `down(sem)`,
  alors le processus s'endort.
  Après : `sem == 0`.
- avec une opération `up` :
  si `sem == 0` et un processus fait `up(sem)`,
  alors le processus réveille un autre processus à hasard,
  endormi sur ce sémaphore,
  Après : `sem == 1`.

Les opérations `down` et `up` sont atomiques.

Un *mutex* et un sémaphore qui
prend toujours un valeur entre `0,1`.

Les sémaphores

Un sémaphore est une variable

`sem` de type entier

- avec une opération `down` t.q. :
  si `sem == 0` et un processus fait `down(sem)`,
  alors le processus s'endort.
  Après : `sem == 0`.
- avec une opération `up` :
  si `sem == 0` et un processus fait `up(sem)`,
  alors le processus réveille un autre processus à hasard,
  endormi sur ce sémaphore,
  Après : `sem == 1`.

Les opérations `down` et `up` sont atomiques.

Un *mutex* et un sémaphore qui
prend toujours un valeur entre `0,1`.

Programme : le producteur-consommateur avec les sémaphores

```
 1 : #define N 100
 2 :
 3 : semaphore mutex, vide = N, plein = 0;
 4 :
 5 : producteur()
 6 : {
 7 :   while (1)
 8 :   {
 9 :     down(vide);
10 :     down(mutex);
11 :     section_critique_producteur();
12 :     up(mutex);
13 :     up(plein);
14 :   }
15 : }
16 :
17 : consommateur()
18 : {
19 :   while (1)
20 :   {
21 :     down(plein);
22 :     down(mutex);
23 :     section_critique_consommateur();
24 :     up(mutex);
25 :     up(vide);
26 :   }
27 : }
```

Problèmes

- Pas évident à s'en servir :
- Si on échange les lignes 9-10, le système se bloque.
- Comment démontrer que le code ne se bloque jamais ? (Dans ce cas, et dans le cas général).

Problèmes

- Pas évident à s'en servir :
- Si on échange les lignes 9-10, le système se bloque.
- Comment démontrer que le code ne se bloque jamais ? (Dans ce cas, et dans le cas général).

Problèmes

- Pas évident à s'en servir :
- Si on échange les lignes 9-10, le système se bloque.
- Comment démontrer que le code ne se bloque jamais ? (Dans ce cas, et dans le cas général).

Plan

1. L'exclusion mutuelle sans attente
   - Les primitives sleep et wakeup
   - Les sémaphores et les mutex
   - Les moniteurs
2. Aperçu des interfaces **SysV IPC** et **POSIX threads**
   - Les sémaphores dans le System V IPC
   - Les threads POSIX
3. La primitive select
   - La primtive select

Les moniteurs

Morceaux de code contenant :

- variables partagées,
- une suite de fonctions :
  - le compilateur nous assure :
    il y a toujours aux plus un processus en train d'exécuter une de ces fonctions
    (il assure l'exclusion mutuelle),
- variables de conditions :
  - un processus peut s'endormir
    → wait(condition) ←
    si cette variable est vraie,
  - un processus peut signaler cette variable
    → signal(condition) ←
    il réveille un processus à hasard endormi sur cette variable.
    Il sort du code du moniteur.

Problème : existence des moniteurs dépende des langages et des compilateurs.

Les moniteurs

Morceaux de code contenant :

- variables partagées,
- une suite de fonctions :
  - le compilateur nous assure :
    il y a toujours aux plus un processus en train d'exécuter une de ces fonctions
    (il assure l'exclusion mutuelle),
- variables de conditions :
  - un processus peut s'endormir
    → `wait(condition)` →
    si cette variable est vraie,
  - un processus peut signaler cette variable
    → `signal(condition)` →
    il réveille un processus à hasard endormi sur cette variable.
    Il sort du code du moniteur.

Problème : existence des moniteurs dépende des langages et des compilateurs.

Les moniteurs

Morceaux de code contenant :

- variables partagées,
- une suite de fonctions :
  - le compilateur nous assure :
    il y a toujours aux plus un processus en train d'exécuter une de ces fonctions
    (il assure l'exclusion mutuelle),
- variables de conditions :
  - un processus peut s'endormir
    – wait(condition) –
    si cette variable est vraie,
  - un processus peut signaler cette variable
    – signal(condition) –
    il réveille un processus à hasard endormi sur cette variable,
    il sort du code du moniteur.

Problème : existence des moniteurs dépende des langages et des compilateurs.

Les moniteurs

Morceaux de code contenant :

- variables partagées,
- une suite de fonctions :
  - le compilateur nous assure :
    il y a toujours aux plus un processus en train d'exécuter une de ces fonctions
    (il assure l'exclusion mutuelle),
- variables de conditions :
  - un processus peut s'endormir
    – `wait(condition)` –
    si cette variable est vraie,
  - un processus peut signaler cette variable
    – `signal(condition)` –
    il réveille un processus à hasard endormi sur cette variable,
    il sort du code du moniteur.

Problème : existence des moniteurs dépende des langages et des compilateurs.

Les moniteurs

Morceaux de code contenant :

- variables partagées,
- une suite de fonctions :
  - le compilateur nous assure :
    il y a toujours aux plus un processus en train d'exécuter une de ces fonctions
    (il assure l'exclusion mutuelle),
- variables de conditions :
  - un processus peut s'endormir
    – `wait(condition)` –
    si cette variable est vraie,
  - un processus peut signaler cette variable
    – `signal(condition)` –
    il réveille un processus à hasard endormi sur cette variable,
    il sort du code du moniteur.

Problème : existence des moniteurs dépende des langages et des compilateurs.

Les moniteurs

Morceaux de code contenant :

- variables partagées,
- une suite de fonctions :
  - le compilateur nous assure :
    il y a toujours aux plus un processus en train d'exécuter une de ces fonctions
    (il assure l'exclusion mutuelle),
- variables de conditions :
  - un processus peut s'endormir
    – `wait(condition)` –
    si cette variable est vraie,
  - un processus peut signaler cette variable
    – `signal(condition)` –
    il réveille un processus à hasard endormi sur cette variable,
    il sort du code du moniteur.

Problème : existence des moniteurs dépende des langages et des compilateurs.

Les moniteurs

Morceaux de code contenant :

- variables partagées,
- une suite de fonctions :
  - le compilateur nous assure :
    il y a toujours aux plus un processus en train d'exécuter une de ces fonctions
    (il assure l'exclusion mutuelle),
- variables de conditions :
  - un processus peut s'endormir
    – `wait(condition)` –
    si cette variable est vraie,
  - un processus peut signaler cette variable
    – `signal(condition)` –
    il réveille un processus à hasard endormi sur cette variable,
    il sort du code du moniteur.

Problème : existence des moniteurs dépende des langages et des compilateurs.

Les moniteurs

Morceaux de code contenant :

- variables partagées,
- une suite de fonctions :
  - le compilateur nous assure :
    il y a toujours aux plus un processus en train d'exécuter une de ces fonctions
    (il assure l'exclusion mutuelle),
- variables de conditions :
  - un processus peut s'endormir
    – `wait(condition)` –
    si cette variable est vraie,
  - un processus peut signaler cette variable
    – `signal(condition)` –
    il réveille un processus à hasard endormi sur cette variable,
    il sort du code du moniteur.

Problème : existence des moniteurs dépende des langages et des compilateurs.

Plan

1. L'exclusion mutuelle sans attente
   - Les primitives `sleep` et `wakeup`
   - Les sémaphores et les mutex
   - Les moniteurs
2. Aperçu des interfaces **SysV IPC** et **POSIX threads**
   - Les sémaphores dans le System V IPC
   - Les threads POSIX
3. La primitive select
   - La primtive select

Le IPC, ou « Inter Process Communication »

Permet de :

- Partager des segments de mémoire entre processus.
- Utiliser des files de messages (« Message Queues »).
  Message Queue :
  - Liste chaînée de messages,
  - chacune d'une longueur fixé maximale.
  - Les messages sont typées.
  - Lecture et écriture de type FIFO.
- Utiliser des ensembles de sémaphores.

Le IPC, ou « Inter Process Communication »

Permet de :

- Partager des segments de mémoire entre processus.
- Utiliser des files de messages (« Message Queues »):
  Message Queue :
  - Liste chaîné de messages,
    chacune d'un longueur fixé maximale.
  - Les messages sont typées.
  - Lecture et écriture de type FIFO.
- Utiliser des ensembles de sémaphores.

Le IPC, ou « Inter Process Communication »

Permet de :

- Partager des segments de mémoire entre processus.
- Utiliser des files de messages (« Message Queues »):
  Message Queue :
  - Liste chaînée de messages,
    - chacune d'un longueur fixé maximale.
  - Les messages sont typées.
  - Lecture et écriture de type FIFO.
- Utiliser des ensembles de sémaphores.

Le IPC, ou « Inter Process Communication »

Permet de :

- Partager des segments de mémoire entre processus.
- Utiliser des files de messages (« Message Queues »):
  Message Queue :
  Liste chaînée de messages,
  chacune d'un longueur fixé maximale.
  Les messages sont typées.
  Lecture et écriture de type FIFO.
- Utiliser des ensembles de sémaphores.

Le IPC, ou « Inter Process Communication »

Permet de :

- Partager des segments de mémoire entre processus.
- Utiliser des files de messages (« Message Queues »):
  Message Queue :
  Liste chaînée de messages,
  chacune d'un longueur fixé maximale.
  Les messages sont typées.
  Lecture et écriture de type FIFO.
- Utiliser des ensembles de sémaphores.

Le IPC, ou « Inter Process Communication »

Permet de :

- Partager des segments de mémoire entre processus.
- Utiliser des files de messages (« Message Queues »):
  Message Queue :
  Liste chaînée de messages,
  chacune d'un longueur fixé maximale.
  Les messages sont typées.
  Lecture et écriture de type FIFO.
- Utiliser des ensembles de sémaphores.

Le IPC, ou « Inter Process Communication »

Permet de :

- Partager des segments de mémoire entre processus.
- Utiliser des files de messages (« Message Queues »):
  Message Queue :
  Liste chaînée de messages,
  chacune d'un longueur fixé maximale.
  Les messages sont typées.
  Lecture et écriture de type FIFO.
- Utiliser des ensembles de sémaphores.

Programme : producteur-consommateur sous IPC

```
 1 : #include <sys/sem.h>
 2 : #include <unistd.h>
 3 : #include <stdio.h>
 4 : #include <stdlib.h>
 5 : #include <time.h>
 6 : #include <sys/fcntl.h>
 7 :
 8 : /* Gestion des sémaphores Sys V IPC*/
 9 : #define NOSEM 0
10 : struct sembuf plus = { NOSEM, 1, 0 };
11 : struct sembuf moins = { NOSEM, -1, 0 };
12 :
13 : #define SEMCREATE() semget(IPC_PRIVATE,1,0600)
14 : #define DOWN(semid) semop(semid,&moins,1)
15 : #define UP(semid) semop(semid,&plus,1)
16 : union semun {
17 :     int val;
18 :     struct semid_ds *buf;
19 :     unsigned short *array;
20 : } arg;
21 : int valeur(int semid)
22 : {
23 :     return semctl(semid, NOSEM, GETVAL, arg);
24 : }
25 : int semset(int semid, int n)
26 : {
27 :     arg.val = n;
28 :     return semctl(semid, NOSEM, SETVAL, arg);
29 : }
30 :
```

semget

```
#include <sys/sem.h>
int semget(key_t key, int nb_sem, int flags);
```

key : IPC_PRIVATE : permet la communication entre processus de la même famille.
Sinon, deux processus doivent se mettre d'accord sur un clé commune.

nb_sem : nombre de sémaphores dans l'ensemble.

flags : permissions lecture/écriture.

semget

```
#include <sys/sem.h>
int semget(key_t key, int nb_sem, int flags);
```

key : IPC_PRIVATE : permet la communication entre processus de la même famille.
Sinon, deux processus doivent se mettre d'accord sur un clé commune.

nb_sem : nombre de sémaphores dans l'ensemble.

flags : permissions lecture/écriture.

semget

```
#include <sys/sem.h>
int semget(key_t key, int nb_sem, int flags);
```

key : IPC_PRIVATE : permet la communication entre processus de la même famille.
Sinon, deux processus doivent se mettre d'accord sur un clé commune.

nb_sem : nombre de sémaphores dans l'ensemble.

flags : permissions lecture/écriture.

semget

```
#include <sys/sem.h>
int semget(key_t key, int nb_sem, int flags);
```

key : IPC_PRIVATE : permet la communication entre processus de la même famille.
Sinon, deux processus doivent se mettre d'accord sur un clé commune.

nb_sem : nombre de sémaphores dans l'ensemble.

flags : permissions lecture/écriture.

Autres opérations

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

int semctl(int *semid*, int *nb*, int *cmd*, ...);

semid : quel ensemble

nb : quel sémaphore dans l'ensemble

cmd : GETVAL, SETVAL, ...

int semop(int *semid*, struct sembuf * *sops*, size_t *nsops*);

semid : quel ensemble

sops : tableau d'opérations à faire de façon atomique

nsops : dimension de ce tableau

Autres opérations

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

int semctl(int *semid*, int *nb*, int *cmd*, ...);

semid : quel ensemble

nb : quel sémaphore dans l'ensemble

cmd : GETVAL, SETVAL, ...

int semop(int *semid*, struct sembuf * *sops*, size_t *nsops*);

semid : quel ensemble

sops : tableau d'opérations à faire de façon atomique

nsops : dimension de ce tableau

Autres opérations

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

int semctl(int *semid*, int *nb*, int *cmd*, ...);

- *semid* : quel ensemble
- *nb* : quel sémaphore dans l'ensemble
- *cmd* : GETVAL, SETVAL, ...

int semop(int *semid*, struct sembuf * *sops*, size_t *nsops*);

- *semid* : quel ensemble
- *sops* : tableau d'opérations à faire de façon atomique
- *nsops* : dimension de ce tableau

Programme : prodcons.c

```
31 : /* Voici le consommateur/producteur */
32 : #define NB_CASES 10
33 : #define DELAIMAX 2
34 :
35 : void producteur(void);
36 : void consommateur(void);
37 : int mutex, vide, plein;
38 :
39 : int main(void)
40 : {
41 :     if ((mutex = SEMCREATE()) == -1 || (vide = SEMCREATE()) == -1
42 :         || (plein = SEMCREATE()) == -1)
43 :         exit(EXIT_FAILURE);
44 :
45 :     if ((semset(mutex, 1) == -1) || (semset(vide, NB_CASES) == -1)
46 :         || (semset(plein, 0) == -1))
47 :         exit(EXIT_FAILURE);
48 :
49 :     printf("Au debut : mutex %d, vide : %d, cases pleine : %d.\n",
50 :            valeur(mutex), valeur(vide), valeur(plein));
51 :
52 :     switch (fork())
53 :     {
54 :     case -1:
55 :         exit(EXIT_FAILURE);
56 :     case 0:
57 :         producteur();
58 :     default:
59 :         consommateur();
60 :     }
61 :     exit(EXIT_FAILURE);
62 : }
63 :
```

Programme : prodcons.c

```
64 : void producteur(void)
65 : {
66 :     int pid = getpid();
67 :     srand(pid * time(NULL));
68 :     while (1)
69 :     {
70 :         sleep(rand() % DELAIMAX);
71 :         DOWN(vide);
72 :         DOWN(mutex);
73 :         sleep(rand() % DELAIMAX);
74 :         UP(mutex);
75 :         UP(plein);
76 :         printf("[%d] Cases vides : %d, cases pleines : %d.\n", pid,
77 :                valeur(vide), valeur(plein));
78 :     }
79 : }
80 :
81 : void consommateur(void)
82 : {
83 :     int pid = getpid();
84 :     srand(getpid() * time(NULL));
85 :     while (1)
86 :     {
87 :         sleep(rand() % DELAIMAX);
88 :         DOWN(plein);
89 :         DOWN(mutex);
90 :         sleep(rand() % DELAIMAX);
91 :         UP(mutex);
92 :         UP(vide);
93 :         printf("[%d] Cases vides : %d, cases pleines : %d.\n", pid,
94 :                valeur(vide), valeur(plein));
95 :     }
96 : }
```

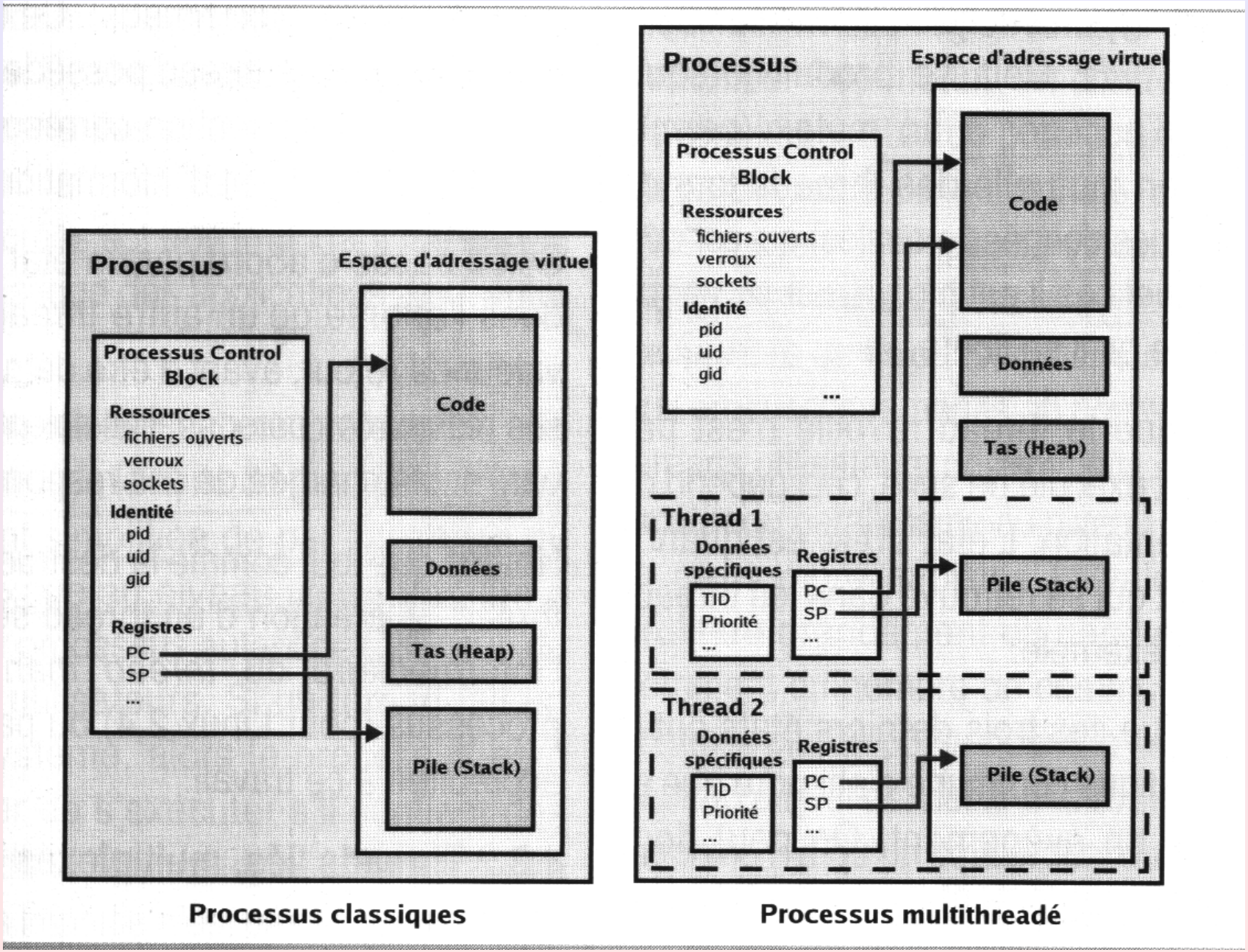
Session : prodcons

```
[lsantoca@localhost lecture10]$ a.out
Au debut : mutex 1, vide : 10, cases pleine : 0.
[7055] Cases vides : 9, cases pleines : 0.
[7055] Cases vides : 8, cases pleines : 1.
[7054] Cases vides : 9, cases pleines : 1.
[7055] Cases vides : 8, cases pleines : 2.
[7055] Cases vides : 7, cases pleines : 3.
[7054] Cases vides : 8, cases pleines : 2.
[7054] Cases vides : 8, cases pleines : 1.
[7055] Cases vides : 8, cases pleines : 1.
[7054] Cases vides : 8, cases pleines : 1.
[7055] Cases vides : 8, cases pleines : 1.
[7054] Cases vides : 8, cases pleines : 1.
[7055] Cases vides : 8, cases pleines : 1.
[7054] Cases vides : 8, cases pleines : 1.
[7055] Cases vides : 8, cases pleines : 2.
[7055] Cases vides : 7, cases pleines : 2.
[7054] Cases vides : 7, cases pleines : 2.
[7055] Cases vides : 7, cases pleines : 2.
[7054] Cases vides : 7, cases pleines : 2.
[7055] Cases vides : 7, cases pleines : 2.
[7054] Cases vides : 7, cases pleines : 2.
[7055] Cases vides : 7, cases pleines : 2.
[7054] Cases vides : 7, cases pleines : 2.
```

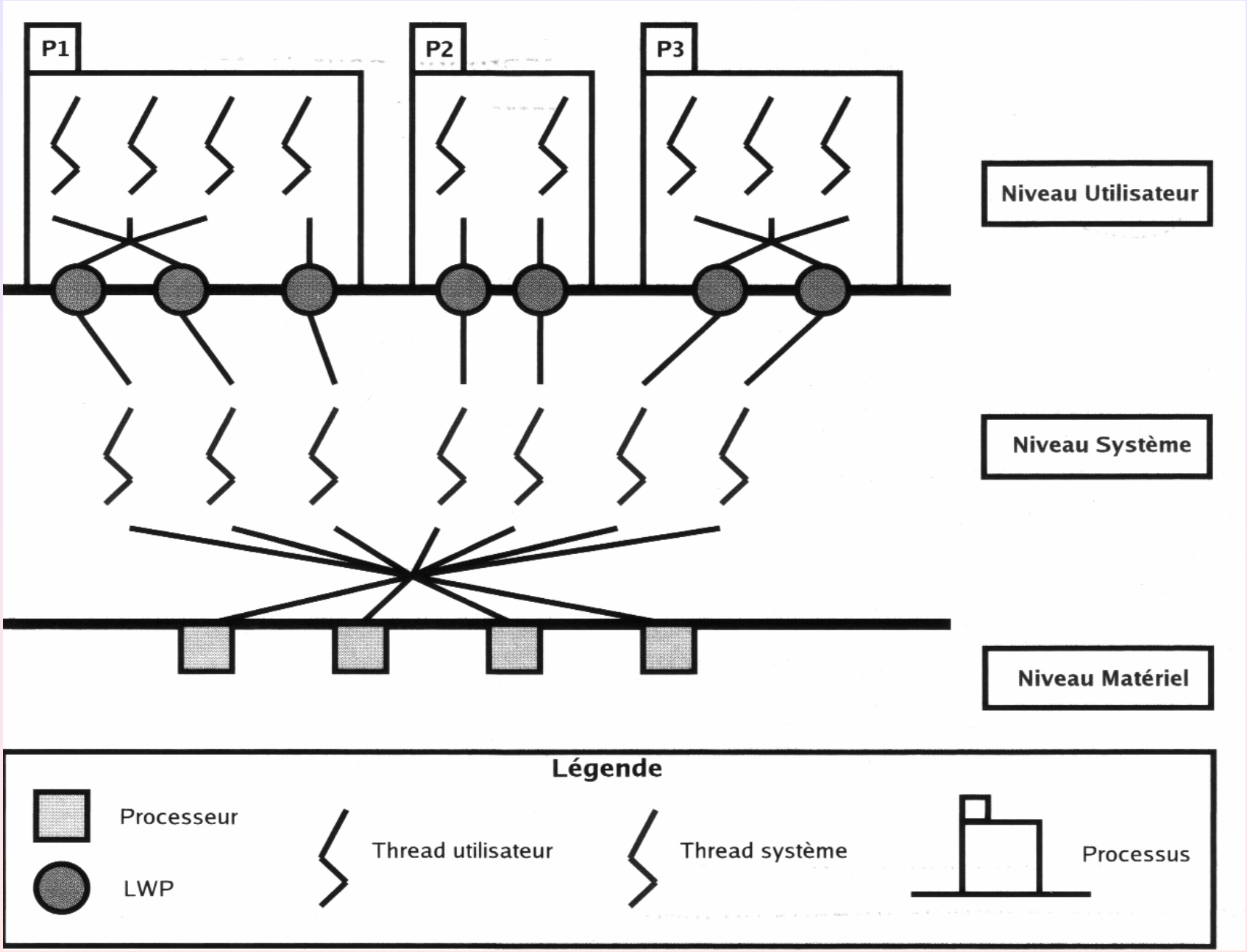
Plan

1. L'exclusion mutuelle sans attente
   - Les primitives `sleep` et `wakeup`
   - Les sémaphores et les mutex
   - Les moniteurs
2. Aperçu des interfaces **SysV IPC** et **POSIX threads**
   - Les sémaphores dans le System V IPC
   - Les threads POSIX
3. La primitive select
   - La primtive select

Threads vs. processus (GNU Linux magazine)



Les threads et le système (GNU Linux magazine)



Programme : partage_ress.c

```
 1 : #include <pthread.h>
 2 : #include <stdio.h>
 3 : #include <stdlib.h>
 4 : #include <unistd.h>
 5 :
 6 : #define MAX_RESOURCE 7
 7 : #define NB_THREADS 3
 8 :
 9 : pthread_mutex_t mutex = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;
10 : pthread_cond_t cond = PTHREAD_COND_INITIALIZER;
11 :
12 : unsigned int resources = MAX_RESOURCE;
13 : unsigned int waiting = 0;
14 :
15 : void get_resources(int amount)
16 : {
17 :     pthread_mutex_lock(&mutex);
18 :
19 :     while (resources < amount)
20 :     {
21 :         waiting++;
22 :         pthread_cond_wait(&cond, &mutex);
23 :     }
24 :     resources -= amount;
25 :
26 :     pthread_mutex_unlock(&mutex);
27 : }
28 :
```

Programme : partage_ress.c

```
29 : void free_resources(int amount)
30 : {
31 :     pthread_mutex_lock(&mutex);
32 :
33 :     resources += amount;
34 :     if (waiting > 0)
35 :     {
36 :         waiting = 0;
37 :         pthread_cond_broadcast(&cond);
38 :     }
39 :
40 :     pthread_mutex_unlock(&mutex);
41 : }
42 :
43 : void *fonction()
44 : {
45 :     int i, tid, result;
46 :
47 :     tid = (int) pthread_self();
48 :     for (i = 3; i > 0; i--)
49 :     {
50 :         printf("thread %d : je demande %d resources\n", tid, i);
51 :         get_resources(i);
52 :         sleep(1);
53 :         printf("thread %d : je libre %d resources\n", tid, i);
54 :         free_resources(i);
55 :     }
56 :     result = 2;
57 :
58 :     pthread_exit((void *) result);
59 : }
```

Programme : partage_ress.c

```
60 :
61 : int main()
62 : {
63 :     int i;
64 :     void *retour;
65 :     pthread_t thread[NB_THREADS];
66 :
67 :     for (i = 0; i < NB_THREADS; i++)
68 :         pthread_create(&thread[i], NULL, fonction, NULL);
69 :
70 :     for (i = 0; i < NB_THREADS; i++)
71 :     {
72 :         pthread_join(thread[i], &retour);
73 :         printf("thread main : le thread %d se termine (result %d)\n",
74 :                 (int) thread[i], (int) retour);
75 :     }
76 :
77 :     pthread_exit(NULL);
78 : }
```

Session : partage_ress

```
[lsantoca@localhost lecture10]$ a.out
thread 16386 : je demande 3 resources
thread 32771 : je demande 3 resources
thread 49156 : je demande 3 resources
thread 16386 : je libre 3 resources
thread 16386 : je demande 2 resources
thread 32771 : je libre 3 resources
thread 32771 : je demande 2 resources
thread 16386 : je libre 2 resources
thread 16386 : je demande 1 resources
thread 32771 : je libre 2 resources
thread 32771 : je demande 1 resources
thread 49156 : je libre 3 resources
thread 49156 : je demande 2 resources
thread 16386 : je libre 1 resources
thread 32771 : je libre 1 resources
thread 49156 : je libre 2 resources
thread 49156 : je demande 1 resources
thread main : le thread 16386 se termine (result 2)
thread main : le thread 32771 se termine (result 2)
thread 49156 : je libre 1 resources
thread main : le thread 49156 se termine (result 2)
```

Plan

1. L'exclusion mutuelle sans attente
   - Les primitives `sleep` et `wakeup`
   - Les sémaphores et les mutex
   - Les moniteurs
2. Aperçu des interfaces **SysV IPC** et **POSIX threads**
   - Les sémaphores dans le System V IPC
   - Les threads POSIX
3. La primitive select
   - La primtive select

select

```
#include <sys/select.h>
int select(int maxfd, fd_set * read, fd_set * write, fd_set * err,
struct timeval * t_out);
```

read : (pointeur à une structure de) ensemble de descripteurs de fichiers ouverts en lecture dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts (non bloquantes).
NULL si on est pas intéressé à un tel ensemble.

write : ensemble de descripteurs de fichiers ouverts en lecture dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts.
NULL si pas intéressé.

err : ensemble de descripteurs de fichiers (possiblement contenant un erreur) dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts.
NULL si pas intéressé.

t_out : on se débloque après * t_out.
Si NULL on reste bloqué.

Retourne : no. descripteurs de fichier prêts, 0 si on est débloqué par *t_out*, -1 si erreur.

select

```
#include <sys/select.h>
int select(int maxfd, fd_set * read, fd_set * write, fd_set * err,
struct timeval * t_out);
```

read : (pointeur à une structure de) ensemble de descripteurs de fichiers ouverts en lecture dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts (non bloquantes).
NULL si on est pas intéressé à un tel ensemble.

write : ensemble de descripteurs de fichiers ouverts en lecture dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts.
NULL si pas intéressé.

err : ensemble de descripteurs de fichiers (possiblement contenant un erreur) dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts.
NULL si pas intéressé.

t_out : on se débloque après * t_out.
Si NULL on reste bloqué.

Retourne : no. descripteurs de fichier prêts, 0 si on est débloqué par *t_out*, -1 si erreur.

select

```
#include <sys/select.h>
int select(int maxfd, fd_set * read, fd_set * write, fd_set * err,
struct timeval * t_out);
```

read : (pointeur à une structure de) ensemble de descripteurs de fichiers ouverts en lecture dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts (non bloquantes).
NULL si on est pas intéressé à un tel ensemble.

write : ensemble de descripteurs de fichiers ouverts en lecture dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts.
NULL si pas intéressé.

err : ensemble de descripteurs de fichiers (possiblement contenant un erreur) dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts.
NULL si pas intéressé.

t_out : on se débloque après * t_out.
Si NULL on reste bloqué.

Retourne : no. descripteurs de fichier prêts, 0 si on est débloqué par *t_out*, -1 si erreur.

select

```
#include <sys/select.h>
int select(int maxfd, fd_set * read, fd_set * write, fd_set * err,
struct timeval * t_out);
```

read : (pointeur à une structure de) ensemble de descripteurs de fichiers ouverts en lecture dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts (non bloquantes).
NULL si on est pas intéressé à un tel ensemble.

write : ensemble de descripteurs de fichiers ouverts en lecture dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts.
NULL si pas intéressé.

err : ensemble de descripteurs de fichiers (possiblement contenant un erreur) dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts.
NULL si pas intéressé.

t_out : on se débloque après * t_out.
Si NULL on reste bloqué.

Retourne : no. descripteurs de fichier prêts, 0 si on est débloqué par *t_out*, -1 si erreur.

select

```
#include <sys/select.h>
int select(int maxfd, fd_set * read, fd_set * write, fd_set * err,
struct timeval * t_out);
```

read : (pointeur à une structure de) ensemble de descripteurs de fichiers ouverts en lecture dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts (non bloquantes).
`NULL` si on est pas intéressé à un tel ensemble.

write : ensemble de descripteurs de fichiers ouverts en lecture dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts.
`NULL` si pas intéressé.

err : ensemble de descripteurs de fichiers (possiblement contenant un erreur) dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts.
`NULL` si pas intéressé.

t_out : on se débloque après `* t_out`.
Si `NULL` on reste bloqué.

Retourne : no. descripteurs de fichier prêts, 0 si on est débloqué par *t_out*, -1 si erreur.

select

```
#include <sys/select.h>
int select(int maxfd, fd_set * read, fd_set * write, fd_set * err,
struct timeval * t_out);
```

read : (pointeur à une structure de) ensemble de descripteurs de fichiers ouverts en lecture dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts (non bloquantes).
NULL si on est pas intéressé à un tel ensemble.

write : ensemble de descripteurs de fichiers ouverts en lecture dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts.
NULL si pas intéressé.

err : ensemble de descripteurs de fichiers (possiblement contenant un erreur) dont on s'en met en écoute.
Au retour cette structure est remplie avec les descripteurs prêts.
NULL si pas intéressé.

t_out : on se débloque après * t_out.
Si NULL on reste bloqué.

Retourne : no. descripteurs de fichier prêts, 0 si on est débloqué par *t_out*, -1 si erreur.

La structure timeval

```
struct timeval {
  time_t          tv_sec ;     /* Seconds. */
  suseconds_t     tv_usec ;    /* Microseconds. */
  }
```

Les ensembles de descripteurs

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

void FD_ZERO(fd_set * *ens*);
Sommaire : *ens* devient l'enseble vide

void FD_SET(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : add *fd* à *ens*

void FD_CLEAR(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : efface *fd* de *ens*

int FD_ISSET(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : vérifie si *fd* appartient à *ens*

Les ensembles de descripteurs

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

void FD_ZERO(fd_set * *ens*);
Sommaire : *ens* devient l'enseble vide

void FD_SET(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : add *fd* à *ens*

void FD_CLEAR(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : efface *fd* de *ens*

int FD_ISSET(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : vérifie si *fd* appartient à *ens*

Les ensembles de descripteurs

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

void FD_ZERO(fd_set * *ens*);
Sommaire : *ens* devient l'enseble vide

void FD_SET(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : add *fd* à *ens*

void FD_CLEAR(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : efface *fd* de *ens*

int FD_ISSET(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : vérifie si *fd* appartient à *ens*

Les ensembles de descripteurs

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

void FD_ZERO(fd_set * *ens*);
Sommaire : *ens* devient l'enseble vide

void FD_SET(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : add *fd* à *ens*

void FD_CLEAR(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : efface *fd* de *ens*

int FD_ISSET(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : vérifie si *fd* appartient à *ens*

Les ensembles de descripteurs

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

void FD_ZERO(fd_set * *ens*);
Sommaire : *ens* devient l'enseble vide

void FD_SET(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : add *fd* à *ens*

void FD_CLEAR(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : efface *fd* de *ens*

int FD_ISSET(int *fd*, fd_set * *ens*);
Sommaire : vérifie si *fd* appartient à *ens*

Programme : exempleselect.c

```
 1 : #include <stdio.h>
 2 : #include <stdlib.h>
 3 : #include <unistd.h>
 4 : #include <sys/stat.h>
 5 : #include <sys/fcntl.h>
 6 : #include <sys/select.h>
 7 : #include <signal.h>
 8 :
 9 : #define TUBE "fifo"
10 : #define ERR 1
11 : #define OK 0
12 : #define NOTUBES 3
13 : #define TIMEOUT 60
14 : #define POURTOUTTUBE(i) for(i=0;i<NOTUBES;i++)
15 : #define MAX(n,m) ((n < m)?m:n)
16 :
17 : int fd[NOTUBES];
18 : char nomtube[NOTUBES][256];
19 :
20 : void sortir(char *message, int err)
21 : {
22 :     int i;
23 :
24 :     POURTOUTTUBE(i) unlink(nomtube[i]);
25 :
26 :     if (err)
27 :     {
28 :         perror(message);
29 :         exit(EXIT_FAILURE);
30 :     }
31 :     printf("Terminaison du serveur : %s\n", message);
32 :     exit(EXIT_SUCCESS);
33 : }
```

Programme : exempleselect.c

```
34 :
35 : void handler(int sig)
36 : {
37 :     sortir("Signaled", ERR);
38 : }
39 :
40 : void traiter(fd_set * readfds)
41 : {
42 :     int i, n;
43 :     char tampon[256];
44 :
45 :     POURTOUTTUBE(i)
46 :     {
47 :         if (FD_ISSET(fd[i], readfds))
48 :         {
49 :             n = read(fd[i], tampon, sizeof(tampon) - 1);
50 :             tampon[n] = '\0';
51 :             printf("Lu %d caractères de %s :\n", n, nomtube[i]);
52 :             printf("%s\n", tampon);
53 :         }
54 :     }
55 : }
56 :
```

Programme : exempleselect.c

```
57 : int main(void)
58 : {
59 :     int i, n, maxfd = 0;
60 :     mode_t mode;
61 :     fd_set read;
62 :     struct timeval tv;          /* Cette structure définie dans select.h */
63 :
64 :     for (i = 1; i < NSIG; i++)
65 :         signal(i, handler);
66 :
67 :     POURTOUTTUBE(i) sprintf(nomtube[i], "%s%d", TUBE, i + 1);
68 :
69 :     mode = S_IRUSR | S_IWUSR | S_IWGRP | S_IWOTH;
70 :
71 :     POURTOUTTUBE(i) if (mkfifo(nomtube[i], mode) == -1
72 :                         || chmod(nomtube[i], mode) == -1)
73 :         sortir("mkfifo/chmod", ERR);
74 :
75 :     POURTOUTTUBE(i) if ((fd[i] = open(nomtube[i], O_RDONLY | O_NONBLOCK))
76 :                         == -1)
77 :         sortir("open", ERR);
78 :     else
79 :     {
80 :         maxfd = MAX(fd[i], maxfd);
81 :         /* Prochaine ligne : rendre la lecture bloquante  */
82 :         fcntl(fd[i], F_SETFL, fcntl(fd[i], F_GETFL) & !O_NONBLOCK);
83 :     }
84 :
```

Programme : exempleselect.c

```
85 :     for (;;)
86 :     {
87 :         tv.tv_sec = TIMEOUT;     /* Secondes */
88 :         tv.tv_usec = 0;          /* Microsecondes */
89 :         FD_ZERO(&read);
90 :         POURTOUTTUBE(i) FD_SET(fd[i], &read);
91 :
92 :         n = select(maxfd + 1, &read, NULL, NULL, &tv);
93 :         switch (n)
94 :         {
95 :         case -1:
96 :             sortir("select", ERR);
97 :         case 0:
98 :             sortir("attente trop longue", OK);
99 :         default:
100 :             traiter(&read);
101 :         }
102 :     }
103 : }
```