SCIENCES SORBONNE UNIVERSITÉ

Programmation Répartie
Master 1 Informatique – 4I400

Cours 7 : Sockets

Yann Thierry-Mieg

Yann.Thierry-Mieg@lip6.fr

Plan

- On a vu au cours précédent :
  - IPC POSIX pour la communication inter processus
- Aujourd’hui : API Socket pour la communication entre machines

- Références :
- Cours de P.Sens, L.Arantes (PR <= 2017)
- « Computer Systems : A programmers Perspective. » Bryant, O’Hallaron
- Le man, section 2, 3 et 7

SOCKETS

I – Introduction aux sockets

II – Mode non connecté

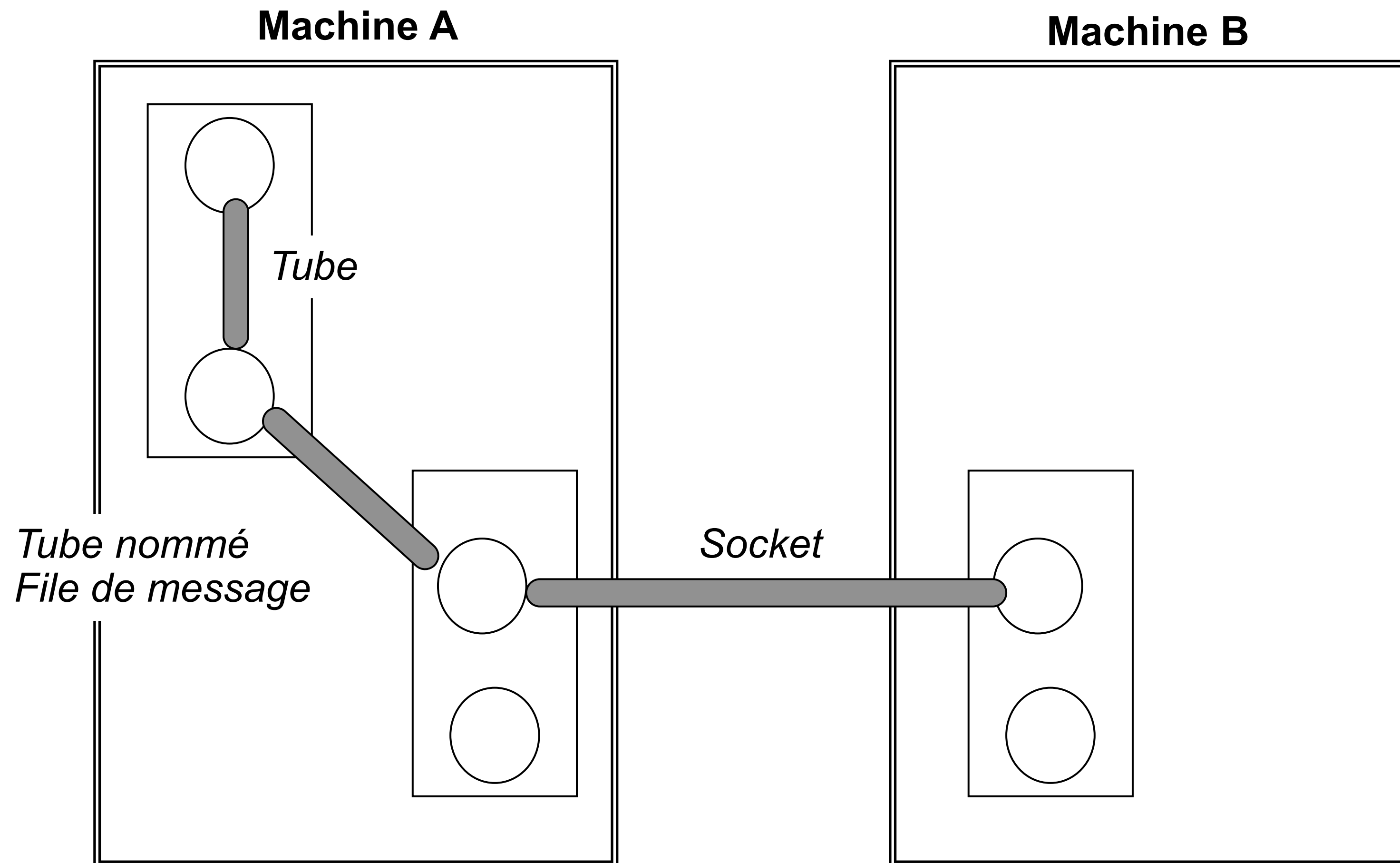
III – Mode connecté

IV – Concepts avancés

Communication sous UNIX

- Communication intra-tâche (entre threads)
  - Partage de variables globales, tas
- Communication inter-tâches : locale (même machine)
  - Disque (Tube, Fichier)
  - Mémoire (Segment partagé, Sémaphore, File de messages)
- Communication inter-tâches : distante
  - Socket (TCP / UDP / IP)
  - Appel de procedure à distance (RPC : Remote Procedure Call)
  - Appel de méthode à distance (Corba, Java-RMI)
- Outils de haut niveau
  - Systèmes de fichiers répartis (NFS, RFS, AFS)
  - Bases de données réparties (NIS)

Communication sous UNIX



Communications Distantes : Qualité de Service

Type de service

- Connecté (fonctionnement similaire à un tube),
- Non connecté (possibilité de perte, déséquencement, duplication de paquets)

Service Fiable :

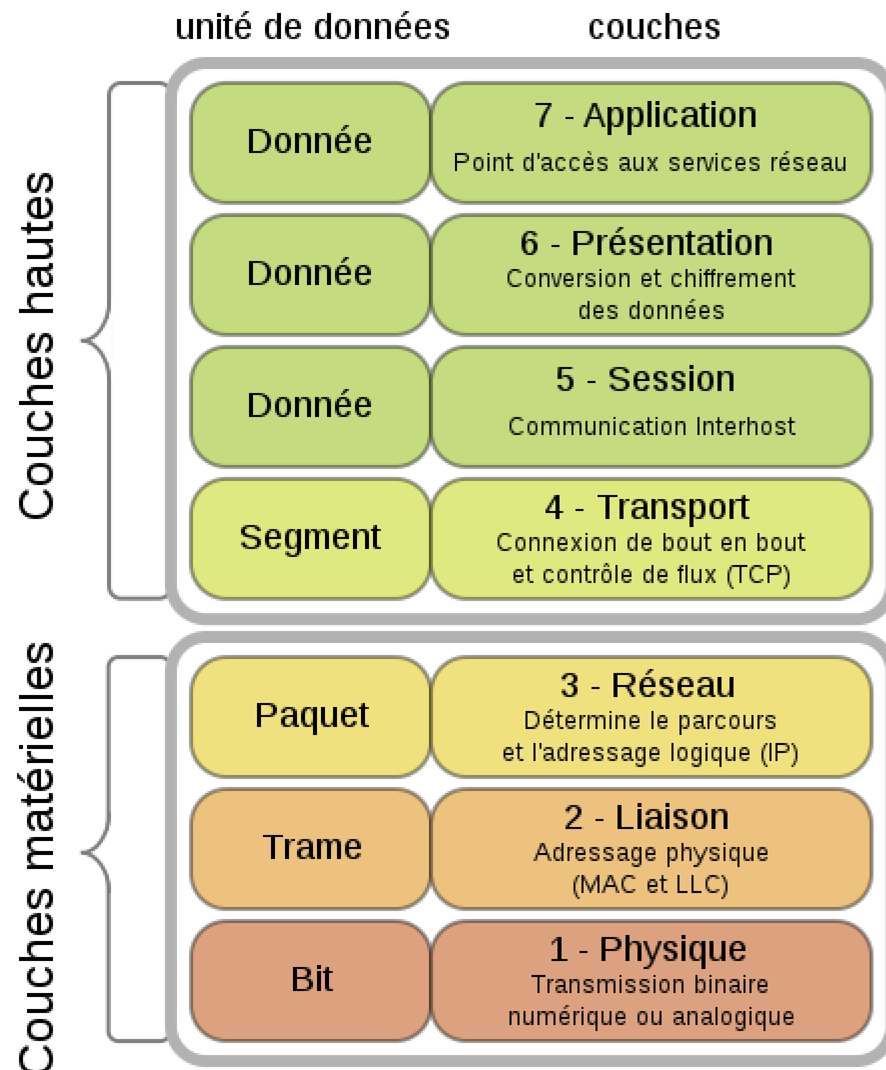
- Pas de perte de données,
- Utilisation d'un acquittement,
- Augmentation de la charge du réseau et des délais de transmission

Exemples

- Connexion fiable : Session ssh d'ordinateur à ordinateur
- Connexion non fiable : Voix numérisée
- Sans connexion / non fiable : Diffusion électronique de prospectus, multicast

Communications Distantes : Modèle de référence ISO

- Physique, Liaison **(ARPANET, SATNET, LAN)**
- Réseau
  - Internet Protocol (IP)
- Transport
  - Transmission Control Protocol (TCP), User Datagram Protocol (UDP),
  - Internet Control Message Protocol (ICMP),
    - permet le contrôle des erreurs de transmission.
  - Internet Group Management Protocol (IGMP)
    - permet à des routeurs IP de déterminer de façon dynamique les groupes multicast .
- Session
  - (Remote Procedure Call) RPC
- Présentation
  - (eXternal Data Representation) XDR
    - XDR permet d'encoder les données de manière indépendante de l'architecture, afin de pouvoir les transférer entre systèmes hétérogènes.
- Application (telnet, ftp, smtp, dns, nfs)



Communications Distantes : Notion de Socket

Extension de la notion de tube nommé

4.2 BSD (1983)

Socket : Point de communication par lequel un processus peut émettre ou recevoir d'informations

- Bidirectionnelle
- Associée à un nom (unique)
- Appartient à un domaine
- Possède un type
- Identifié par un descripteur
- Nommage est une opération distincte de leur création

Types de Socket

Les deux principaux : par paquets ou en flux connecté

SOCK_DGRAM

- Mode non connecté
- transmission par paquet
- sans contrôle de flux
- bidirectionnel
- protocole UDP (IPPROTO_UDP) ou IGMP (IPPROTO_IGMP)

SOCK_STREAM

- Mode connecté
- avec contrôle de flux (fiabilité)
- bidirectionnel
- protocole TCP (IPPROTO_TCP)

Types de Socket (2)

D'autres types de sockets (plus rares) existent :

SOCK_SEQPACKET

- Mode orienté connection garantissant fiabilité
- transmission par paquet
- bidirectionnel
- Messages sont délivrés dans l'ordre d'envoi
- protocole UDP (IPPROTO_UDP) ou IGMP (IPPROTO_IGMP)

SOCK_RAW

- Accès direct avec la couche IP,
- réservé au super-utilisateur,
- protocole ICMP (IPPROTO_ICMP),
- Définition de nouveaux protocoles (IPPROTO_RAW)

Choix du protocole

UDP (User Datagram Protocol)

=> Perte, déséquencement, taille limitée

=> Performant

=> Type = DGRAM

TCP (Transport Control Protocol)

=> Pas de perte, pas de déséquencement, flux

=> Coûteux (connexion, transfert)

=> Type = STREAM

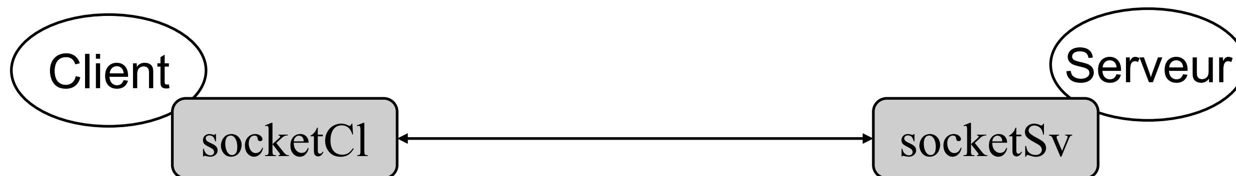
Notion de client/serveur

Etablissement asymétrique de la communication :

- Le serveur attend (écoute) les requêtes
- Le client connait le serveur, il lui envoie une requête

Pour les protocoles connectés, passé cette phase de connexion, la communication devient symétrique

Socket = point externe de communication



Utilisation des Sockets : Création

Socket associée à un descripteur de fichier

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
int socket (int domaine, int type, int protocole);
```

domaine

AF_UNIX / *AF_LOCAL /* sur une même machine */*

AF_INET / *AF_INET6*

type

SOCK_STREAM, SOCK_DGRAM, …

protocole

0 => choix automatique, (IPPROTO_TCP, IPPROTO_UDP)

Retourne le descripteur de la socket ou –1 en cas d'erreur

```
eg. int s = socket (AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
```

Utilisation des Sockets UNIX

- Extension du tube nommé

Utilisation des Sockets : Nommage

Objectif : Associe à une socket une adresse qui permet de designer la socket au sein d'un domaine.

- Domaine unix

  nom = nom de fichier

- Domaine internet (inet)

  nom = <numéro de port, adresse IP>

```
int bind(int sock, struct sockaddr *nom, int lg_nom);
```

sock numéro de socket (retourné par socket())

nom nom de la socket (dépendant du domaine)

lg_nom longueur du nom (`sizeof(struct sockaddr)`)

Nommage dans le domaine Unix (local)

Communication via le système de fichiers (sur partition locale uniquement)

```
#include <sys/un.h>
struct sockaddr_un {
  short int sun_family;     /* AF_UNIX (AF_LOCAL) */
  char  sun_path[104];      /* Chemin du fichier */
};
```

- socket correspond à un fichier de type *socket*
  - Fichier ne peut pas exister
  - ls –l : type s
  - Suppression de la référence associée : *rm* ou *unlink*

Nommage dans le domaine Unix Exemple

```c
/* fichier "bindlocal.c" */
#define _XOPEN_SOURCE 700
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <sys/un.h>

int main(int argc, const char **argv)
{
    int sock;
    struct sockaddr_un addr;
    memset(&addr,'\0', sizeof(struct sockaddr_un));
    addr.sun_family = AF_UNIX;
    strcpy(addr.sun_path, "./MySock");
    if ((sock = socket(AF_UNIX, SOCK_STREAM, 0)) == -1)
                    {perror("Erreur creation socket");exit(1);}
    if (bind(sock, (struct sockaddr *)&addr, sizeof(addr)) == -1)
                    {perror("Erreur au nommage");exit(2);}
    return (0);
}
```

Utilisation des Sockets INET

- Domaine Internet

Utilisation des Sockets : Nommage

Objectif : Associe à une socket une adresse qui permet de designer la socket au sein d'un domaine.

- Domaine unix

  nom = nom de fichier

- Domaine internet (inet)

  nom = <numéro de port, adresse IP>

```
int bind(int sock, struct sockaddr *nom, int lg_nom);
```

sock numéro de socket (retourné par socket())

nom nom de la socket (dépendant du domaine)

lg_nom longueur du nom (`sizeof(struct sockaddr)`)

Nommage dans le domaine Internet

Adress: entier sur 32 bits (4 octets)

```
#include <netinet/in.h>
struct sockaddr_in {
      short sin_family;          domaine de communication (AF_INET)
      u_short sin_port;          numéro du port
      struct in_addr sin_addr;   adresse IP
};
struct in_addr {
   u_long s_addr;
};
```

- *sin_addr.s_addr = INADDR_ANY* :
  - . permet d'associer la socket à toutes les adresses possibles de la machine
- port :
  - . permet de contacter le service correspondant.
  - . envoie sans faire le *bind* : le système attachera un porte quelconque
    - * Pour obtenir l' adresse associée :
      - *getsockname (int desc, struct sockaddr *p_addr, int * p_longuer)*

Nommage : formattage d'adresse

Entier sur 32 bits (4 octets – IPV4) ou 128 bits (16 bits –IPC6)

Hétérogénéité des machines

Big endian (octets de poids le plus fort en tête) x little endian (octets de poids le plus faible en tête)

- Normalisation des adresses et numéro de port codées en format « réseau »

  Fonctions de conversion :

```
u_short  htons(u_short) /* host to network short */
```

=> Conversion du numéro de port

```
u_long  htonl(u_long) /* host to network long */
```

=> Conversion de l'adresse IP

```
u_short  ntohs(u_short) /* network to host short */
u_long  ntohl(u_long) /* network to host long  */
```

- Adresse <=> Chaîne de caractères « a.b.c.d » (IPV4)

```
char  *inet_ntoa(struct in_addr adr)/ *adr à chaine(affichage)*/
```

convertit l'adresse *adr* en une chaîne de caractères dans la notation avec nombres et points.

```
u_long inet_addr(char *chaine)   /* chaine à adr */
```

convertit l'adresse *chaine* depuis la notation standard avec nombres et points en une donnée binaire.

Exemples de services internet standard

- Protocole UDP
  - echo : port 1
  - daytime – port 13

  ……
- Protocole TCP
  - echo: port 1
  - ftp: port 21
  - ssh: port 22
  - http: port 80

  …..

Nommage : correspondance nom/adresse

```
int getaddrinfo(const char *hostname, const char *service,
      const struct addrinfo *hints, struct addrinfo **res);
```

Étant donné *hostname* et *service*, qui identifie un host et un service, **getaddrinfo**() renvoie structures *addrinfo*, contenant une ou plusieurs adresse Internet.

```
struct addrinfo {
            int ai_flags;           /* input flags */
            int ai_family;          /* protocol family for socket */
            int ai_socktype;        /* socket type */
            int ai_protocol;        /* protocol for socket */
            socklen_t ai_addrlen;   /* length of socket-address */
            struct sockaddr *ai_addr; /* socket-address for socket */
            char *ai_canonname;     /* canonical name for service location */
            struct addrinfo *ai_next; /* pointer to next in list */
    };
```

Correspondance nom/adresse : Exemple Nom => IP

name2ip.c

```
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netdb.h> I

int main() {
    char *hostname = "localhost";
     struct addrinfo hints, *res;
     struct in_addr addr;
     int err;

     memset(&hints, 0, sizeof(hints));
      hints.ai_socktype = SOCK_STREAM;
      hints.ai_family = AF_INET;

      if ((err = getaddrinfo(hostname, NULL, &hints, &res)) != 0) {
         printf("error %d\n", err);
         return 1;
       }
       addr.s_addr = ((struct sockaddr_in *)(res->ai_addr))->sin_addr.s_addr;
       printf("ip address : %s\n", inet_ntoa(addr));

      freeaddrinfo(res);

       return 0;
}
```

Correspondance nom/adresse

- **int getnameinfo(const struct sockaddr ****sa***, socklen_t** *salen***,**
  char ****host*, size_t** *hostlen***, char ****serv***, size_t** *servlen***, int** *flags***);**

- La fonction **getnameinfo**() est la réciproque de **getaddrinfo**: elle convertit une adresse de socket en un hôte et un service correspondants, de façon indépendante du protocole.

- Le paramètre *sa* est un pointeur vers l'adresse d'une structure de socket générique (de type *sockaddr_in*) de taille *salen* qui contient l'adresse IP et le numéro de port. Les paramètres *host* et *serv* sont des pointeurs vers des tampons alloués par l'appelant (de tailles respectives *hostlen* et *servlen* dans lesquels **getnameinfo**() place des chaînes de caractères, terminées par l'octet nul, contenant respectivement les noms du host et de service.

Correspondance nom/adresse : Exemple IP => Nom

ip2name.c

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <netdb.h>

int main(int argc, const char **argv)
{
    struct sockaddr_in sin;
    char host[64];

    memset((void*)&sin, 0, sizeof(sin));
    sin.sin_addr.s_addr = inet_addr(argv[1]);
    sin.sin_family = AF_INET;

    if (getnameinfo((struct sockaddr*)&sin, sizeof(sin),
             host, sizeof(host), NULL, NULL, 0) != 0) {
        perror("getnameinfo");
        exit(EXIT_FAILURE);
    }

    printf("Name : %s\n", host);
    return (0);
}
```

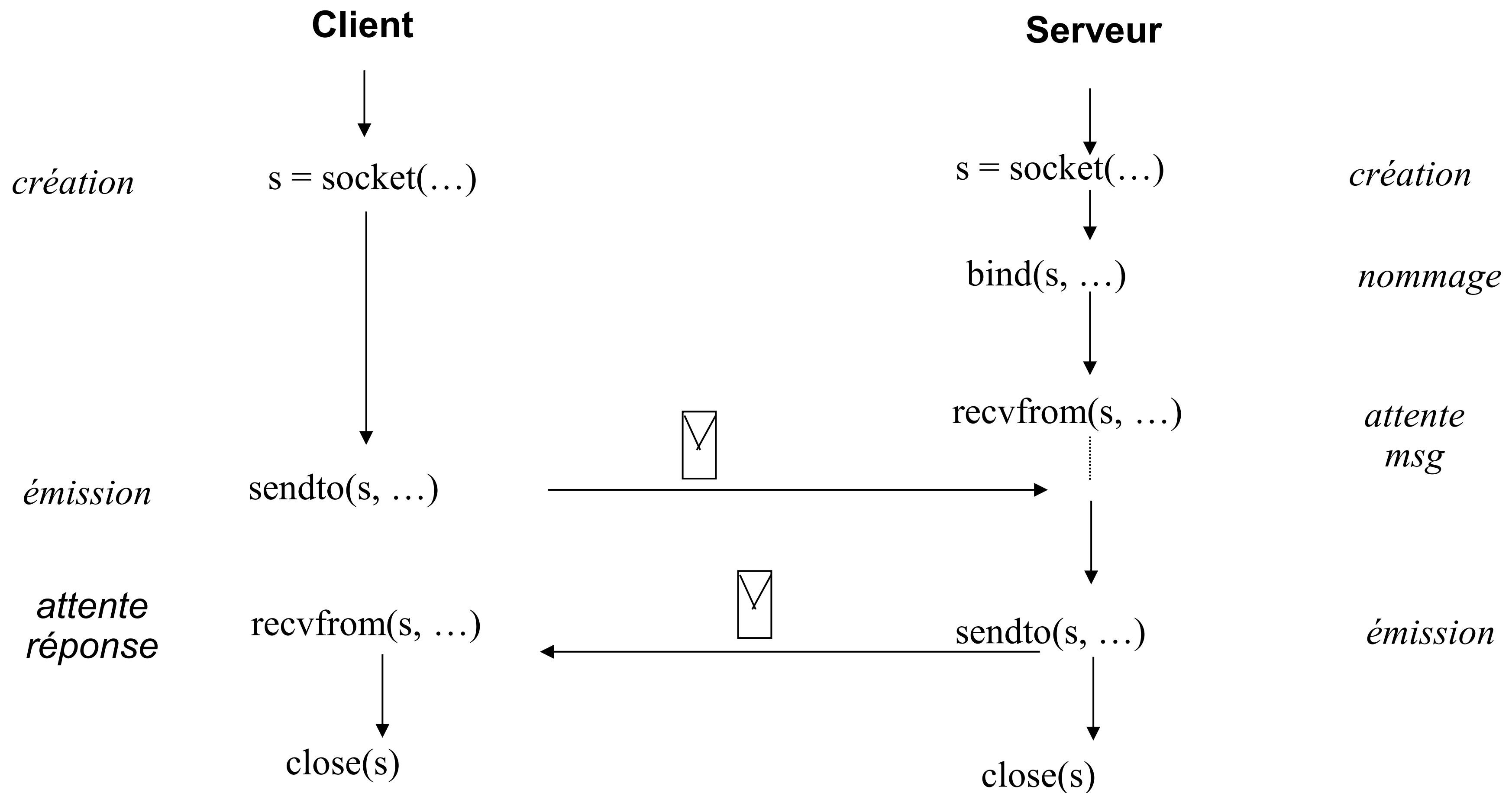
inet_ntop function

- **char *inet_ntop(int *af*, void **src*, char **dst*, socklen_t *cnt*);**
  - Convertir des adresses IPv4 et IPv6 sous forme binaire en texte
  - Cette fonction convertit une adresse réseau représentée par la structure *src* de la famille *af*, en une chaîne de caractères copiée dans le tampon *dst*, long de *cnt* octets.
  - **inet_ntop**() étend les possibilités de la fonction **inet_ntoa ( ).**
  - Exemple :

```
void *addr; char ipstr[100];

getaddrinfo(argv[1], NULL, &hints, &res);
struct sockaddr_in *ipv4 = (struct sockaddr_in *)res->ai_addr;
addr = &(ipv4->sin_addr);
inet_ntop(AF_INET, addr, ipstr, sizeof(ipstr));
printf(" adresse IP: %s\n�even", ipstr);
```

Sockets non connectées : un exemple



Sockets non connectées : communication

```
int recvfrom(int sock, char* buffer, int tbuf, int flag,
              struct sockaddr *addsrc, socklen_t *taille)
```

Lecture d'un buffer addressé à la socket sock,
Adresse de l'émetteur retournée dans addsrc

```
int sendto(int sock, char* buff, int tbuf, int flag,
              struct sockaddr *addrdst, socklen_t taille)
```

Envoi par la socket sock du contenu de buff à l'adresse addrdst

Taille limitée à la taille d'un paquet

Champ flag

MSG_PEEK   Lecture (`recvfrom`) sans modification de la file d'attente

Sockets non connectées : un exemple
Partie serveur - serveurUDP.c

```
/* Includes …* /
#define PORTSERV 4567
int main(int argc, char *argv[])
{
  struct sockaddr_in sin;    /* Nom de la socket du serveur */
  struct sockaddr_in exp;    /* Nom de l'expediteur */
  char host[64];
  int sc ;
  int fromlen = sizeof(exp);
  char message[80];
  int cpt = 0;

   /* creation de la socket */
   if ((sc = socket(AF_INET,SOCK_DGRAM,0)) < 0) {
        perror("socket"); exit(1);
   }

  /* remplir le « nom » */
   memset((char *)&sin,0, sizeof(sin));
    sin.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
   sin.sin_port = htons(PORTSERV);
    sin.sin_family = AF_INET;

    /* nommage */
   if (bind(sc,(struct sockaddr *)&sin,sizeof(sin)) < 0) {
        perror("bind"); exit(2);
   }
```

Sockets non connectées : un exemple Partie serveur - serveurUDP.c (suite)

```
/*** Reception du message ***/
if ( recvfrom(sc,message,sizeof(message),0,
              (struct sockaddr *)&exp,&fromlen) == -1) {
   perror("recvfrom"); exit(2);
}
/*** Affichage de l'expediteur ***/
printf("Exp : <IP = %s,PORT = %d> \n", inet_ntoa(exp.sin_addr),
        (exp.sin_port));

/* Nom de la machine */
if (getnameinfo((struct sockaddr*)&exp, sizeof(exp),
                     host, sizeof(host), NULL, NULL, 0) != 0) {
   perror("getnameinfo"); exit(3);
}
printf("Machine : %s\n", host);

 /*** Traitement ***/
printf("Message  : %s \n", message);
cpt++;

/*** Envoyer la reponse ***/
if (sendto(sc,&cpt,sizeof(cpt),0,(struct sockaddr *)&exp,fromlen) == -1) {
     perror("sendto"); exit(4);
}
close(sc);
return (0);
}
```

Sockets non connectées : un exemple
Partie client - clientUDP.c

```
… /* Includes */

#define PORTSERV 4567 /* Port du serveur */

int main(int argc, char *argv[])
{
  int reponse;
  struct sockaddr_in dest;
  int sock;
  int fromlen = sizeof(dest);
  char  message[80];
  struct addrinfo *result;

  /* Le nom de la machine du serveur est passé en argument */
  if (argc != 2) {
    fprintf(stderr, "Usage : %s machine \n", argv[0]);
    exit(1);
  }

  if ((sock = socket(AF_INET,SOCK_DGRAM,0)) == -1) {
    perror("socket"); exit(1);
  }

   …
```

Sockets non connectées : un exemple Partie client - clientUDP.c (suite)

```
/* Remplir la structure dest */
  if (getaddrinfo(argv[1], NULL, NULL, &result) != 0) {
       perror("getaddrinfo"); exit(EXIT_FAILURE);}

  dest.sin_addr = ((struct sockaddr_in*)result->ai_addr)->sin_addr;
  dest.sin_family = AF_INET;
  dest.sin_port = htons(PORTSERV);
  /* Contruire le message ...*/
   strcpy(message, "MESSAGE DU CLIENT");
  /* Envoyer le message */
  if (sendto(sock,message,strlen(message)+1,0,
              (struct sockaddr *)&dest, sizeof(dest)) == -1) {
    perror("sendto"); exit(1);
  }
  /* Recevoir la reponse */
  if (recvfrom(sock,&reponse,sizeof(reponse),0,0,&fromlen) == -1) {
    perror("recvfrom"); exit(1);
  }
  printf("Reponse : %d\n", reponse);
  close(sock);
  return(0);
}
```

Sockets connectées : introduction

Coté serveur

1. Autorisation d'un nombre maximum de connexions pendantes,
2. Attente d'une connexion,
3. Acceptation d'une connexion,
4. Entrées/sorties,
5. Fermeture de la connexion

Coté client

1. Demande de connexion
2. Entrées/sorties,
3. Fermeture de la connexion

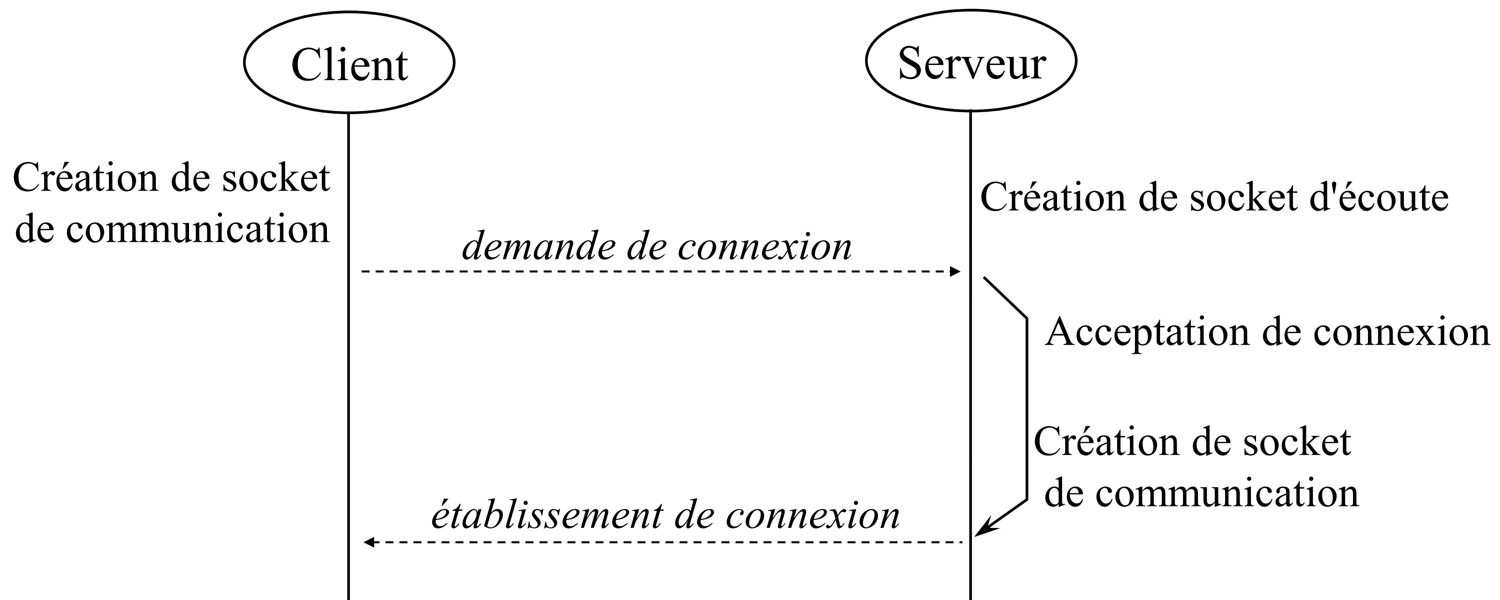
Sockets connectées : fonctionnement

Côté serveur

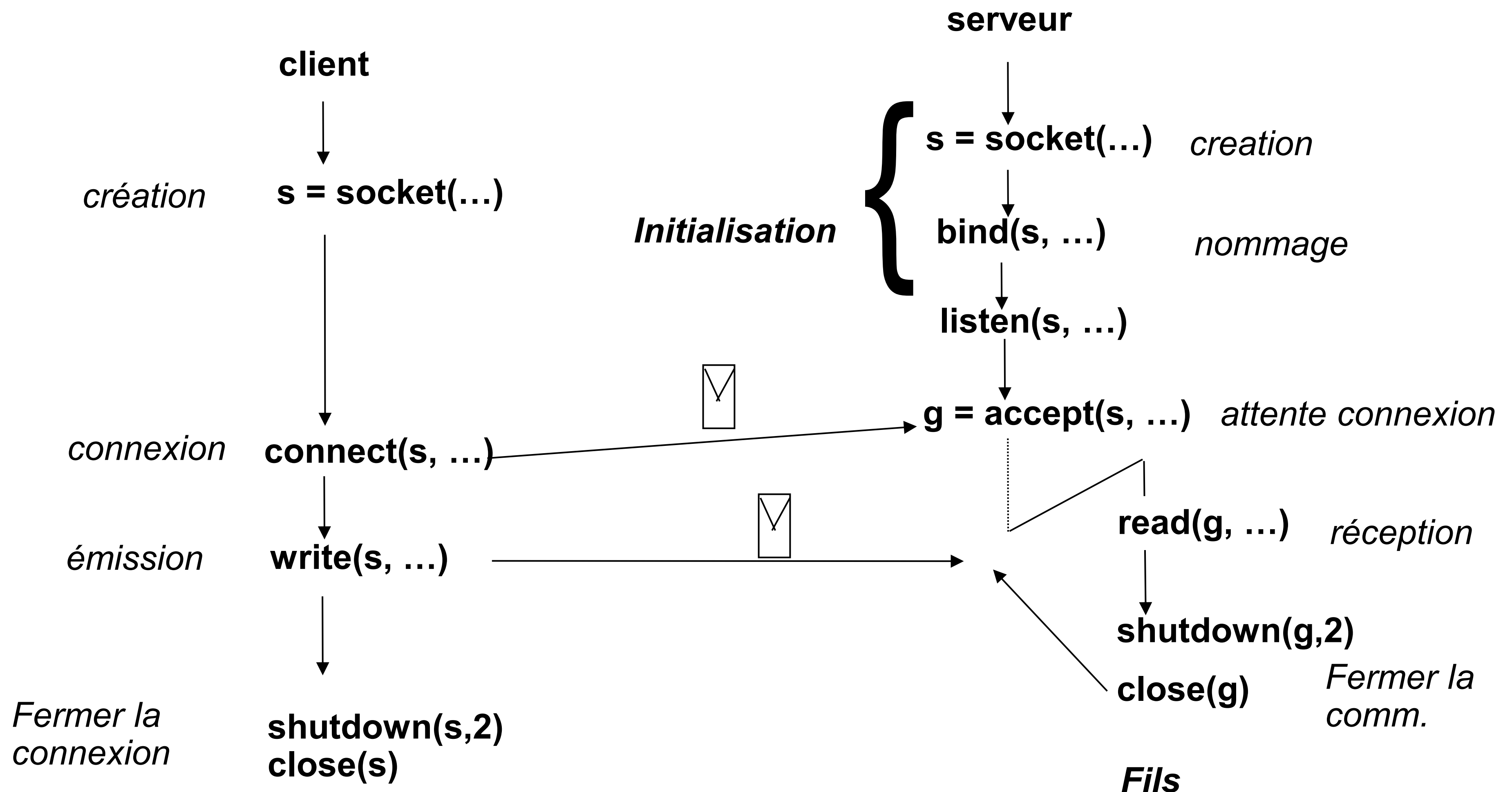
- 1 socket pour les demandes de connexion
- 1 socket pour les communications

Côté client

- 1 socket pour communiquer



Exemple de client / serveur multi-processus en mode connecté



Sockets connectées
Etablissement de connexion

Côté serveur

```
int listen (int sock, int nb_pendantes)
```

- Création de la file d'attente des requêtes de connexion
- Appel non bloquant
- nb_pendantes : nombre maximal de connexions pendantes acceptables

```
int accept (int sock, struct sockaddr *addrclt, socklen_t *taille)
```

- Attente d'acceptation d'une connexion
- Identité du client fournie dans l'adresse `addrclt`
- Appel bloquant => lors de l'acceptation :
  - Création d'une nouvelle socket
  - Renvoie l'identificateur de la socket de communication

Côté client

```
int connect (int sock, struct sockaddr *addrsrv, socklen_t taille)
```

- Demande d'une connexion
- Appel bloquant

Sockets connectées : communication

```
int read (int sock, char *buffer, int tbuf)
int write (int sock, char *buffer, int tbuf)
```

Primitives UNIX usuelles

```
int recv (int sock, char *buffer, int tbuf, int flag)
int send (int sock, char *buffer, int tbuf, int flag)
int recvmsg (int sock, struct msghdr *msg, int flag)
int sendmsg (int sock, struct msghdr *msg, int flag)
```

Regroupement de plusieurs écritures ou lectures

Appels bloquants par défaut

`flag` :

MSG_OOB	données hors bande (en urgence/données de contrôle)
MSG_PEEK	lecture (`recv`) sans modification de la file d'attente
MSG_WAITALL	lecture (`recv`) reste bloquante jusqu'à réception d'au moins `tbuf` octets

Sockets connectées : déconnexion

```
int shutdown(int s, int how);
```

Vise désactiver la réalisation d'un lecture et/ou écriture sur une socket.

`s`	descripteur de la socket
`how`	mode de déconnexion

- 0 => réception désactivée
- 1 => émission désactivée
- 2 => émission et réception désactivées

`shutdown` est censé être suivi d'un `close`

Exemple connecté : Partie serveur

```
#define PORTSERV 7100
int main(int argc, char *argv[])
{
  struct sockaddr_in sin;  /* Nom de la socket de connexion */
  int sc ;                 /* Socket de connexion */
  int scom;                /* Socket de communication */
  struct hostent *hp;
  int fromlen = sizeof exp;
  int cpt;


  /* creation de la socket */
  if ((sc = socket(AF_INET,SOCK_STREAM,0)) < 0) {
      perror("socket"); exit(1);
  }

  memset((char *)&sin,0, sizeof(sin));
  sin.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
  sin.sin_port = htons(PORTSERV);
  sin.sin_family = AF_INET;

  /* nommage */
  if (bind(sc,(struct sockaddr *)&sin,sizeof(sin)) < 0) {
      perror("bind");
      exit(1);
  }
  listen(sc, 5);
```

serveurTCP.c

Exemple connecté : Partie serveur

```
/* Boucle principale */
  for (;;) {
    if ((scom = accept(sc, (struct sockaddr *)&exp, &fromlen))== -1) {
        perror("accept"); exit(3);
     }
    /* Création d'un processus fils qui traite la requete */
    if (fork() == 0) {
        /* Processus fils */
        if (read(scom,&cpt, sizeof(cpt)) < 0) {
            perror("read"); exit(4);
        }
       /*** Traitement du message ***/
        cpt++;
        if (write(scom, &cpt, sizeof(cpt)) == -1) {
           perror("write"); exit(2);
         }

       /* Fermer la communication */
         shutdown(scom,2);
         close(scom);
        exit(0);
     }
  } /* Fin de la boucle for */
  close(sc);
  return 0;
}
```

serveurTCP.c

Exemple connecté : Partie client

```
…
#define PORTSERV 7100
#define h_addr h_addr_list[0]       /* definition du champs h_addr */
int main(int argc, char *argv[])
{
  struct sockaddr_in dest; /* Nom du serveur */
  int sock;
  int fromlen = sizeof(dest);
  int msg;
  int reponse;

   if (argc != 2) {
    fprintf(stderr, "Usage : %s machine\n", argv[0]);
    exit(1);
  }

  if ((sock = socket(AF_INET,SOCK_STREAM,0)) == -1) {
    perror("socket");
    exit(1);
  }

  /* Remplir la structure dest */

              cf. Client UDP...
```

clientTCP.c

Exemple connecté : Partie client (suite)

```
  /* Etablir la connexion */
  if (connect(sock, (struct sockaddr *) &dest, sizeof(dest)) == -1) {
    perror("connect"); exit(1);
  }
  msg = 10;
  /* Envoyer le message (un entier ici )*/
  if (write(sock,&msg,sizeof(msg)) == -1) {
    perror("write"); exit(1);
  }

  /* Recevoir la reponse */
  if (read(sock,&reponse,sizeof(reponse)) == -1) {
    perror("recvfrom"); exit(1);
  }
  printf("Reponse : %d\n", reponse);

  /* Fermer la connexion */
  shutdown(sock,2);
  close(sock);
  return(0);
}
```

clientTCP.c

Communication connectée avancée
Attente simultanée

Primitive select :

Permet à un processus de réaliser le multiplexage par d'opérations bloquantes sur des descripteurs.

```
#include <sys/select.h>
int select (int max1, fd_set *lecteurs, fd_set *ecrivains,
            fd_set *exceptions, struct timeval *delai_max)
```

- Attente simultanée sur trois ensembles de descripteurs
- Retourne
  - le nombre total de descripteurs correspondant à une E/S;
  - 0 : temps d'attente maximum s'est écoulé;
  - 1 : erreur

    interruptible par des signaux : errno = EINTR

Primitive select

- **Paramètres:**
  - **lecteurs** = pointeur sur un ensemble de descripteurs sur lesquels on veut réaliser une lecture;
  - **ecrivains** = pointeur sur un ensemble de descripteurs sur lesquels on veut réaliser une écriture;
  - **exceptions** = pointeur sur un ensemble de descripteurs sur lesquels on veut réaliser un test de condition exceptionnelle
    - Exemple: caractère hors bande
  - **max1** = numéro du plus grand descripteur + 1 appartenant à l'un de trois ensembles.
  - **delai_max** = temps maximal d'attente avant que l'une des opérations soit possible.
    - NULL => bloque indéfiniment

Primitive select

Macros permettant la manipulation des ensemble de descripteurs type fd_set:

- FD_ZERO (fd_set* ensemble)

  Mise à zéro de l'ensemble

- FD_SET (int fd, fd_set* ensemble)

  Ajoute un descripteur à l'ensemble

- FD_CLR (int fd, fd_set* ensemble)

  Supprime un descripteur de l'ensemble

- FD_ISSET (int fd, fd_set* ensemble)

  Teste si un descripteur est dans l'ensemble

Exemple – attente simultanée sur stdin et socket

```
…
int main(int argc, char *argv[]){
  ….   /* initialisation  idem serveurTCP.c */
  printf("Appuyer sur une <Entree> pour tuer le serveur\n");
  /* Boucle principale */
  for (;;) {
   fd_set mselect;
    /* Construire le masque du select */
    FD_ZERO(&mselect);
    FD_SET(0,&mselect);  /* stdin */
    FD_SET(sc,&mselect); /* la socket */

    if (select(sc+1, &mselect, NULL, NULL, NULL) == -1) {
      perror("select");
      exit(3);
    }
```

serveurTCP2.c

Exemple – attente simultanée sur stdin et socket

```
/*** Un evenement a eu lieu : tester le descripteur ***/
   if (FD_ISSET(0,&mselect)) {
     /* Sur stdin */
     break; /* Sortie de la boucle */
   }
   if (FD_ISSET(sc, &mselect)) {
     /* Sur la socket de connexion */
     /* Etablir la connexion */
     if ( (scom = accept(sc, (struct sockaddr *)&exp, &fromlen))== -1) {
      perror("accept"); exit(2);
     }
      /*** Lire le message ***/
     if (read(scom,message, sizeof(message)) < 0) {
      perror("read"); exit(1);
     }
      ….
      /* Fermer la connexion */
      shutdown(scom,2);
      close(scom);
   }

  } /* Fin de la boucle */
  close(sc);
  return 0;
}
```

serveurTCP2.c

Exemple – attente de connexion avec temporisateur

```
…
struct timeval timeout;

timeout.tv_sec = 5; /* 5 secondes */
timeout.tv_usec = 0; /* 0 micro-seconde (10E-6 sec.) */

FD_ZERO(&mselect);
FD_SET(sc,&mselect); /* la socket */

 if (select(sc+1, &mselect, NULL, NULL, &timeout) == -1) {
    perror("select");
    exit(3);
 }
```

Primitive poll

- **int poll(struct pollfd ****ufds***, unsigned int** ***nfds*****, int** ***timeout*****);**

  Extension de la primitive select. Permet de se mettre en attente sur l'ocurrence de l'un des événements spéficié sur le tableau *ufds*.

  - **ufds** : tableau d'événements du type:

    ```
    struct pollfd { int fd; /* Descripteur de fichier */
                    short events; /* Evènements attendus     */
                    short revents; /* Evènements détectés */
    ```

    – *events :* paramètre d'entrée - masque de bits indiquant les évènements qui intéressent l'application.

    – *revents* est un paramètre de sortie, rempli par le noyau avec les évènements qui se sont effectivement produits, du type demandé.

  - **nfds** : nombre d'entrées du tableau
  - **timeout** : délai d'attente.

Valeur de retour : nombre de descripteurs sur lesquels un événement attendu s'est produit.

Primitive poll

- Les bits possibles pour ces masques sont définis dans <sys/poll.h>:

#define POLLIN	Lecture possible sur le descripteur
#define POLLPRI	Données urgentes sur le descripteur
#define POLLOUT	Ecriture possible sur le descripteur
#define POLLERR	Erreur détectée (réponse)
#define POLLHUP	Fin de fichier détecté.

Exemple – poll

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <stropts.h>
#include <poll.h>
#include <unistd.h>
#include <errno.h>
#include <string.h>

#define NORMAL_DATA 1
#define HIPRI_DATA 2

   int poll_two_normal(int fd1,int fd2) {
      struct pollfd poll_list[2];
      int retval;

        poll_list[0].fd = fd1;
        poll_list[1].fd = fd2;
        poll_list[0].events = POLLIN | POLLPRI;
        poll_list[1].events = POLLIN | POLLPRI;
```

Exemple – poll

```
while(1) {

 retval = poll(poll_list,(unsigned long)2,-1);

 if(retval < 0) {
              fprintf(stderr,"Error while polling: %s\n",strerror(errno));
              return -1;
        }


 if((poll_list[0].revents&POLLIN) == POLLIN)
                  ….;

 if((poll_list[0].revents&POLLPRI) == POLLPRI)
                 ….. ;

 if((poll_list[1].revents&POLLIN) == POLLIN)
                 …..;

  if((poll_list[1].revents&POLLPRI) == POLLPRI)
            …..;

}
```

Rappel fonction fcntl

```
#include <unistd.h>
#include <fcntl.h>
int fcntl(int fd, int cmd, …);
```

- Permet, en fonction de la valeur de *cmd*, d'obtenir ou modifier des attributs associés au descripteur.
  - F_GETFD : retourne la valeur de l'attributs du descripteur.
  - F_SETFD : utilise un troisième paramètre pour donner une valeur aux attributs.
  - F_GET FL: retourne l'ensemble des attributs positionnés lors du open
  - F_SETFL : le troisième paramètre définit les nouveaux attributs.

Exemple :

```
desc= open(file, O_RDWR);
mode= fcntl (desc, F_GETFL);
fcntl (desc, F_ SETFL, mode | O_APPEND) ;
```

Réception Asynchrone

- Mécanisme qui permet à un processus de demander qu'un signal (SIGIO ou SIGPOLL) lui soit envoyé lorsqu'une lecture devient possible sur le descripteur.
  - Installer un handler de signal.
  - Associer le descripteur au processus dont on veut recevoir le signal

```
fcntl(desc, F_SETOWN,pid);
```

  - Choix du signal à recevoir

```
fcntl (desc, F_SETSIG, sig);
```

  - Activation de la réception asynchrone

```
mode= fcntl (desc,F_GETFL);
fcntl (desc, F_SETFL, mode | O_ASYNC);
```

- Note : possibilité d'utiliser *ioctl* au lieu de *fcntl*

Exemple reception asynchrone

```
void SIGIOHandler(int sig)
{
   struct sockaddr_in  Addr;
   unsigned int  len;
   char  Buffer[ MAX];
   int size;
   do
   {
      len = sizeof(Addr);

      if (( size= recvfrom(sock, Buffer,  MAX, 0,
            (struct sockaddr *) &Addr,  len))  <0)
             perreur  (“recvfrom”);
      else
         /*
            printf(“message”:%s\n “,Buffer);
   }
   }  while (size >= 0);
```

```
int sock, mode;  struct sigaction handler;
  int main(int argc, char *argv[]) {
     /* crée la socket desc */
     ….
    /* nomage : bind */
    …..
    handler.sa_handler = SIGIOHandler;
     sigfillset(&handler.sa_mask) ;
      handler.sa_flags = 0;

     if (sigaction(SIGIO, &handler, 0) < 0) {
          perror("sigaction”); return ; }
     if (fcntl(sock, F_SETOWN, getpid()) < 0) {
         perror (“fcntl"); return; }
     mode = fcntl ( sock, F_GETFL);
   if (fcntl(sock, F_SETFL, mode| O_NONBLOCK | O_ASYNC) < 0)
        perror (“fcntl"); return; }
     while (1)
          pause ();
}
```

Options d'une socket : Lecture et Ecriture

```
int getsockopt (int sock, int couche, int cmd,
                void *val, socklen_t *taille)
```

Lecture des options

- `couche` de protocole (`SOL_SOCKET`, `IPPROTO_IP`, `IPPROTO_TCP`)
  - `SOL_SOCKECT`: manipuler les sockets au niveau de l'API.
- `cmd` utilise le champ de données `val`

`SO_TYPE`	Type de socket
`SO_RCVBUF`	Taille du buffer de réception
`SO_SNDBUF`	Taille du buffer d'émission
`SO_ERROR`	Valeur d'erreur de la socket (non connectée)

```
int setsockopt (int sock, int couche, int cmd,
                 void *val, socklen_t taille)
```

Modification des options

- `cmd` utilise le champ de données `val`

`SO_BROADCAST`	Autorisation de trames broadcast
`IP_ADD_MEMBERSHIP`	Autorisation d'une requête multicast
`SO_REUSEADDR`	Autorisation de réutiliser une @ déjà affectée. Empêcher l'erreur EADDINUSE

Exemple getsockopt

```
int main( int argc, char** argv)
   {
     int optlen, gs, socktype, s;
    if ((s = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, 0))== -1)
       { perror("Socket not created"); return EXIT_FAILURE; }

    optlen = sizeof(socktype);
    if ((gs = getsockopt (s, SOL_SOCKET, SO_TYPE, &socktype, &optlen)) == -1)
         {  perror("getsockopt failed"); return EXIT_FAILURE; }

    switch (socktype) {
         case SOCK_STREAM: printf("Stream socket \n"); break;
         case SOCK_DGRAM:   printf("Datagram socket \n"); break;
          case SOCK_RAW: puts("Raw socket \n"); break;
          default: printf("Unknown socket type\n"); break;
      }
     return EXIT_SUCCESS;
    }
```

Options d'une socket : Diffusion Broadcast

Diffusion broadcast - UDP

- Envoi d'un message UDP vers tous les ordinateurs d'un sous-réseau
- Mettre une adresse IP de diffusion (bits d'adresse ordinateur à 1)

  - INADDR_BROADCAST: adresse (255.255.255.255)
  - acquérir l’adresse de diffusion pour l’interface physique:

```
long int adr_diffusion;
adr_diffusion = ioctl (sock, SIOCGIFBRDADDR, NULL);
```

- Autorisation pour diffuser en mode broadcast:

```
int on=1;
  setsockopt(s, SOL_SOCKET, SO_BROADCAST, &on, sizeof(on));
```

Options d'une socket : Diffusion Multicast

Diffusion multicast – UDP

Le **multicast** permet la diffusion par un émetteur vers un groupe de récepteurs.

- Les récepteurs intéressés par les messages adressés à ce groupe doivent s'inscrire à ce groupe.
- Choisir une adresse IP de diffusion multicast

  260 millions d'adresses disponibles (224.0.0.0 à 239.255.255.255)

- Abonnement à un groupe multicast:

```
   struct  ip_mreq {
       struct in_addr imr_multiaddr; /* IP multicast address of group */
       struct in_addr imr_interface;   /* local IP address of interface */
   };
```

Exemple :

```
 struct ip_mreq imr;
   imr.imr_multiaddr.s_addr = inet_addr(MON_ADR_DIFF);
    imr.imr_interface.s_addr = INADDR_ANY
   setsockopt(sock, IPPROTO_IP, IP_ADD_MEMBERSHIP,  (char *)&imr,
                     sizeof(struct ip_mreq))
```

- Envoi de la requête au groupe

Exemple – Emetteur multi-cast

```
#define MON_ADR_DIFF "225.0.0.10"
#define PORTSERV 7200

int main(int argc, char *argv[])
{
  struct sockaddr_in dest;
  int sock;
  char  message[80];

  if ((sock = socket(AF_INET,SOCK_DGRAM,0)) == -1) {
    perror("socket"); exit(1);
  }

  /* Remplir la structure dest */
  memset((char *)&dest, 0, sizeof(dest));
  dest.sin_addr.s_addr = inet_addr(MON_ADR_DIFF);
  dest.sin_family = AF_INET;
  dest.sin_port = htons(PORTSERV);

  /* Contruire le message ...*/
  strcpy(message,"MESSAGE DU CLIENT");

  /* Envoyer le message */
  if ( sendto(sock,message,strlen(message)+1,0,
                    (struct sockaddr*)&dest, sizeof(dest)) == -1) {
    perror("sendto"); exit(1);
  }
  close(sock);
  return(0);
}
```

Exemple – Recepteur multi-cast

```
#define MON_ADR_DIFF "225.0.0.10" /* Adresse multi-cast */
#define PORTSERV 7200 /* Port du serveur */

int main(int argc, char *argv[])
{
  int sock;
  struct sockaddr_in sin;
  struct ip_mreq imr; /* Structure pour setsockopt */
  char message[80];

  if((sock = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, 0)) < 0){
    perror("socket");
    exit(1);
  }

  imr.imr_multiaddr.s_addr = inet_addr(MON_ADR_DIFF);
  imr.imr_interface.s_addr = INADDR_ANY;

  if(setsockopt(sock, IPPROTO_IP, IP_ADD_MEMBERSHIP, (char *)&imr,
              sizeof(struct ip_mreq)) == -1){
      perror("setsockopt");
      exit(2);
  }
```

Exemple – Récepteur multi-cast

```
/* remplir le « nom » */
  memset((char *)&sin,0, sizeof(sin));
  sin.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
  sin.sin_port = htons(PORTSERV);
  sin.sin_family = AF_INET;

  /* nommage */
  if (bind(sock,(struct sockaddr *)&sin,sizeof(sin)) < 0) {
      perror("bind");
      exit(3);
  }
  /* Reception du message */
  if (recvfrom(sock,message,sizeof(message),0,NULL,NULL) == -1) {
    perror("recvfrom");
    exit(4);
  }

  printf("Message recu :%s\n", message);
  close(sock);
  return (0);

}
```

Visualisation des sockets

Commande netstat

$ netstat <*option*>

`--unix`	sockets locales
`--inet`	sockets internet
`--tcp`	sockets TCP
`--udp`	sockets UDP