

Programmation Réseau

API C TCP



Jean-Baptiste.Yunes@univ-paris-diderot.fr

UFR Informatique

2013-2014

Les flux réseaux en C

- Pré-requis : utiliser correctement les flux d'entrées-sorties...
- En C, il est important de se rappeler que l'API est de bas-niveau, i.e. tout est à faire soi-même ou quasiment...
- retrouver l'adresse à partir du nom (consultation de l'annuaire)
- forger les bonnes structures (NBO...)
- paramétrer différents mécanismes sous-jacent (file d'attente...)
- ...

Les adresses Internet en C

- Rappelons qu'aujourd'hui les adresses Internet peuvent être de deux types IPv4 ou IPv6, en C cela est représenté par deux types différents :
 - une adresse IPv4 peut être stockée dans une variable de type `struct in_addr` ou `in_addr_t`
 - une adresse IPv6 peut être stockée dans une variable de type `struct in6_addr`
- La structure interne de ces types peut être oubliée (i.e. aucune raison d'avoir à manipuler l'intérieur de la structure soi-même)
- Le fichier d'inclusion associé est :

```
#include <netinet/in.h>
```

- Il existe différentes fonctions de manipulation de ces structures et permettant de les convertir depuis ou vers une chaîne de caractères...
- Inclure le fichier `<arpa/inet.h>`
- Pour la pile IPv4 :

```
char *inet_ntoa(struct in_addr);
```

```
int inet_aton(const char *, struct in_addr *);
```

```
in_addr_t inet_addr(const char *);
```

`convert.c`

- Pour la pile IPv6, il existe désormais des fonctions génériques (qui fonctionnent pour toutes les piles) :

```
const char *inet_ntop(int af, const void *src,  
                     char *chaine,  
                     socklen_t size);  
int inet_pton(int af, const char *chaine,  
             void *dst);
```

- où `af` représente la famille protocolaire `AF_INET` ou `AF_INET6`, et `src` et `dst` des pointeurs vers des adresses Internet conformes à la valeur de `af`



Ces fonctions ne font PAS appel à l'annuaire, elles n'effectuent que des transformations entre représentations!

Les adresses de socket en C

- On rappelle qu'une socket est un point de communication et est donc caractérisé par :
 - une adresse Internet,
 - un numéro de port,
 - et un type de communication (le même pour les deux bouts bien entendu)

- la structure `sockaddr`
- il s'agit d'une structure générique représentant l'adresse d'une socket :

```
#include <sys/socket.h>
struct sockaddr {
    socklen_t    sa_len;
    sa_family_t  sa_family;
    char         sa_data[];
};
```

- Le champ `sa_family` permet de spécifier le type de la socket (et donc la structure implémentant le type `sockaddr`). POSIX définit :
- `AF_LOCAL` ou `AF_UNIX`, pour une socket de « locale »
- `AF_INET`, pour une socket IPv4
- `AF_INET6`, pour une socket IPv6
- Nous ne nous intéresserons qu'aux sockets du domaine Internet...

- Pour une socket du domaine IPv4, la structure correspondante est :

```
#include <netinet/in.h>
struct sockaddr_in {
    socklen_t      sin_len;
    sa_family_t    sin_family;
    in_port_t      sin_port;
    struct in_addr sin_addr;
};
```

- Pour une socket du domaine IPv6, la structure correspondante est :

```
#include <netinet/in.h>
struct sockaddr_in6 {
    socklen_t      sin6_len;
    sa_family_t    sin6_family;
    in_port_t      sin6_port;
    uint32_t       sin6_flowinfo;
    struct in6_addr sin6_addr;
    ...
};
```

L'accès à l'annuaire en C

- On peut avoir besoin de déterminer une adresse associée à un nom Internet
- Ceci nécessite d'obtenir la **résolution du nom**
- Il existe différentes fonctions d'accès à l'annuaire (DNS)
 - l'historique `gethostbyname`
 - la moderne `getaddrinfo`

- La consultation de l'annuaire peut s'effectuer simplement par un appel à :

```
#include <netdb.h>
struct hostent *gethostbyname(const char
*nom);
```

- où :

```
struct hostent {
    char    *h_name;
    char    **h_aliases;
    int     h_addrtype;
    int     h_length;
    char    **h_addr_list;
};
```

- les différents champs correspondent à :
 - `h_name` est le nom officiel
 - `h_aliases` est le tableau des surnoms
 - `h_addrtype` est le type de l'adresse (`AF_INET` en général ou `AF_INET6`)
 - `h_length` est la longueur de l'adresse (`sizeof(struct in_addr)` ou `sizeof(struct in6_addr)`)
 - `h_addr_list` est un tableau d'adresses (au format NBO et terminé par un pointeur NULL)
- Attention la fonction et la structure associée ne permet pas de choisir quelle résolution (IPv4 ou IPv6) sera obtenue... On préférera `getaddrinfo` (à venir)

- Un exemple de code permettant d'obtenir l'ensemble des adresses (IPv4) disponibles pour chaque nom Internet donné en argument :
- on récupère le hostent associé à un nom
- pour chaque adresse on la convertit pour affichage à l'aide de la fonction :

```
char *inet_ntoa(struct sockaddr_in);
```

qui permet d'obtenir la chaîne de caractères représentant une adresse IPv4 (avec traduction NBO si nécessaire)

```
#include <netdb.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main(int argc, char *argv[]) {
    struct hostent *he; int i;
    if (argc < 2) {
        fprintf(stderr, "usage: %s name [name...]\n", argv[0]);
        exit(EXIT_FAILURE);
    }
    for (i = 1; i < argc; i++) {
        char **aliases; struct in_addr **addresses;
        printf("-----%s\n", argv[i]);
        he = gethostbyname(argv[i]);
        if (he == NULL) { printf("unknown\n"); continue; }
        printf("Official name : %s\n", he->h_name);
        aliases = he->h_aliases;
        while ((*aliases) != NULL) {
            printf("Alias          : %s\n", *(aliases++));
        }
        for (addresses = (struct in_addr **) he->h_addr_list;
             *addresses != NULL; addresses++) {
            printf("Address         : %s\n", inet_ntoa(**addresses));
        }
    }
    return 0;
}
```

- Un autre exemple plus générique mais donc complexe consiste à utiliser l'API plus récente :

```
int getaddrinfo(const char *nom,  
               const char *service,  
               const struct addrinfo *paramètres,  
               struct addrinfo *first);
```

- que l'on ne décrira que partiellement...
- et qui permet d'obtenir (donc entre autres) une liste d'adresses (au sens très large) associées dans l'annuaire à un nom Internet donné

- La structure `addrinfo` est :

```
struct addrinfo {  
    int          ai_flags;  
    int          ai_family;  
    int          ai_socktype;  
    int          ai_protocol;  
    socklen_t    ai_addrlen;  
    struct sockaddr *ai_addr;  
    char         *ai_canonname;  
    struct addrinfo *ai_next;  
};
```

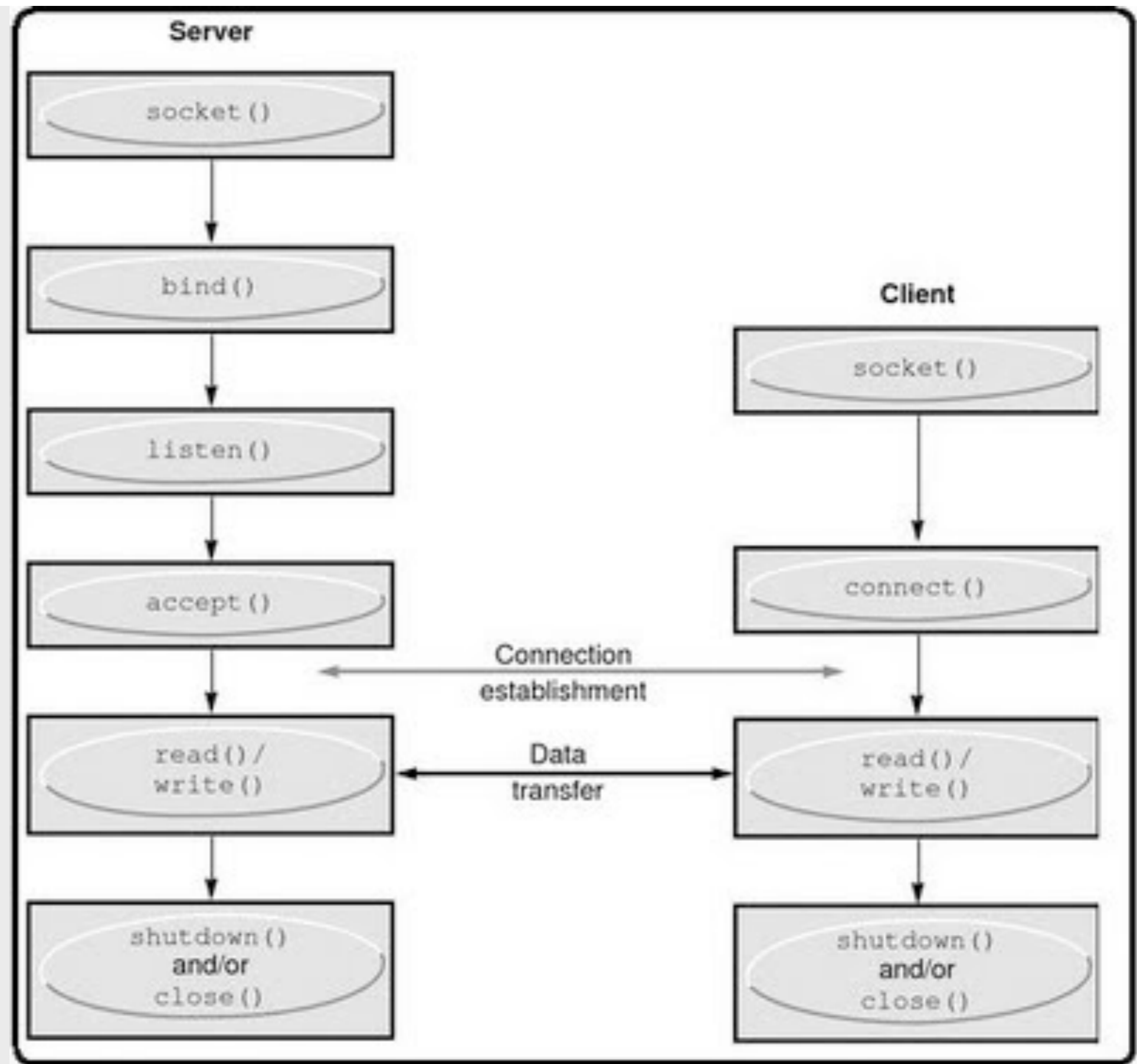
- Les champs utiles lors d'une résolution sont :
 - `ai_family`, `ai_socktype`, `ai_protocol`
 - et pour lesquels une `sockaddr` est utilisable (`ai_addrlen`, `ai_addr`)
- La résolution fournit une collection d'informations chaînées via `ai_next`

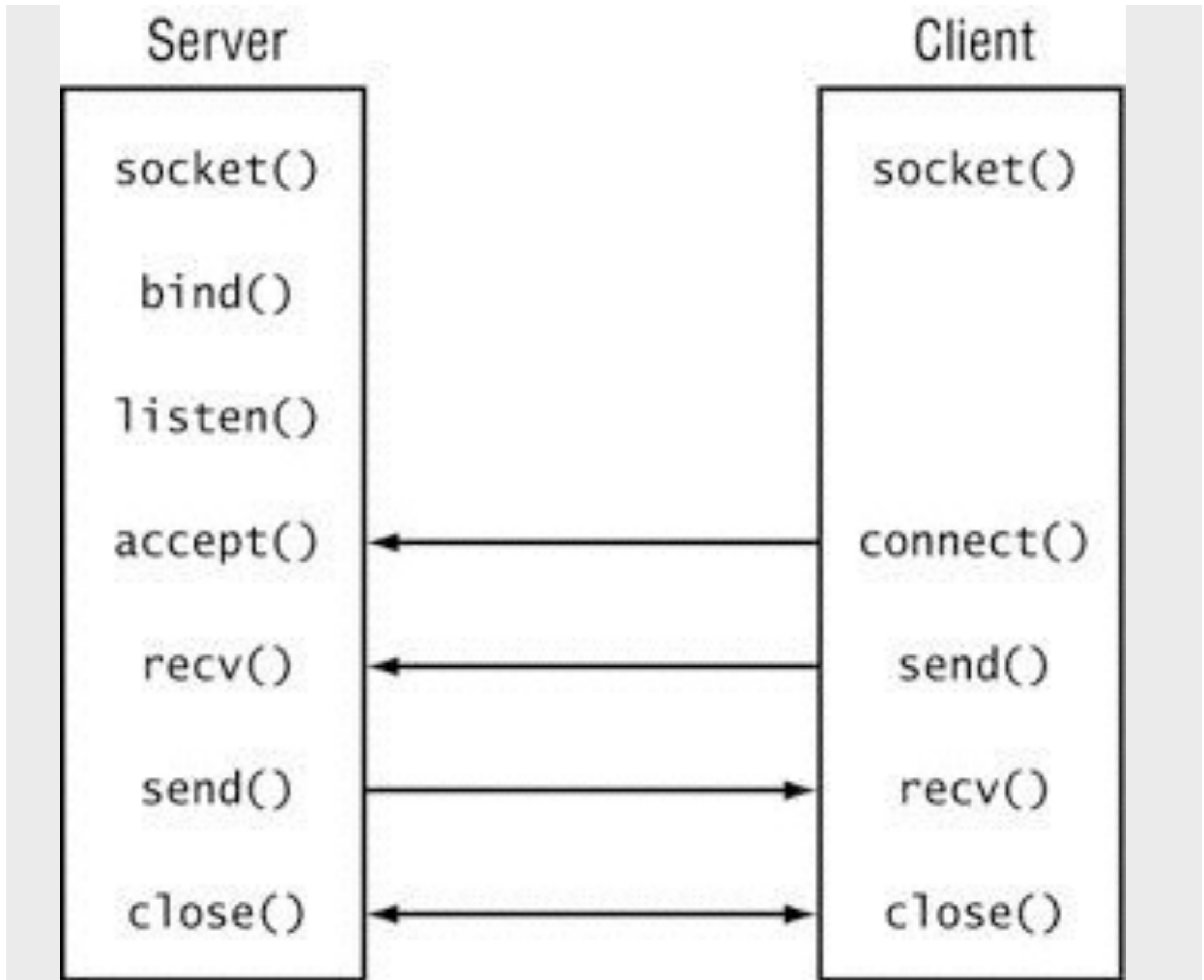


Il est nécessaire de libérer la mémoire de cette chaîne par appel à :

```
void freeaddrinfo(struct addrinfo *);
```

```
int main(int argc, char *argv[]) {
    int i;
    if (argc < 2) { fprintf(stderr, "usage: %s name [name...]\n", argv[0]);
exit(EXIT_FAILURE); }
    for (i=1; i<argc; i++) {
        struct addrinfo *first_info;
        printf("-----%s\n", argv[i]);
        if (getaddrinfo(argv[i], NULL, NULL, &first_info)) { printf("unknown\n"); } else {
            struct addrinfo *info;
            for (info=first_info; info!=NULL; info=info->ai_next) {
                char string[MAXLEN]; struct sockaddr *saddr = info->ai_addr;
                if (info->ai_socktype==SOCK_DGRAM) continue;
                switch (saddr->sa_family) {
                    case AF_INET:
                        { struct sockaddr_in *sin = (struct sockaddr_in *)saddr;
                            inet_ntop(saddr->sa_family, &(sin->sin_addr), string, MAXLEN); }
                        break;
                    case AF_INET6:
                        { struct sockaddr_in6 *sin6 = (struct sockaddr_in6 *)saddr;
                            inet_ntop(saddr->sa_family, &(sin6->sin6_addr), string, MAXLEN); }
                        break;
                    default:
                        strcpy(string, "???"); break;
                }
                printf("Address: %s\n", string);
            }
            freeaddrinfo(first_info);
        }
    }
}
```





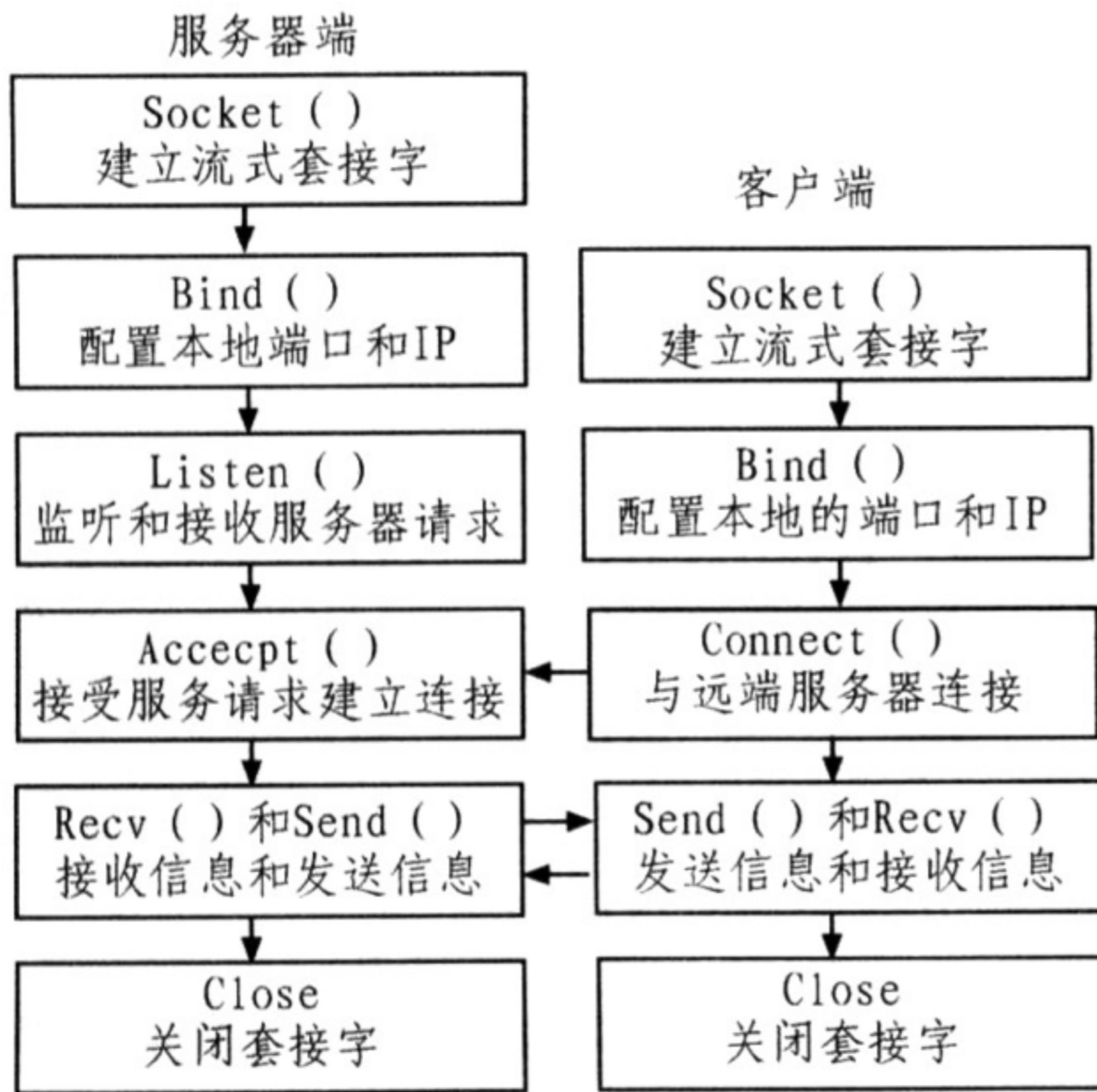


图 3 Socket 编程流程图



- La création d'une socket s'effectue par appel à

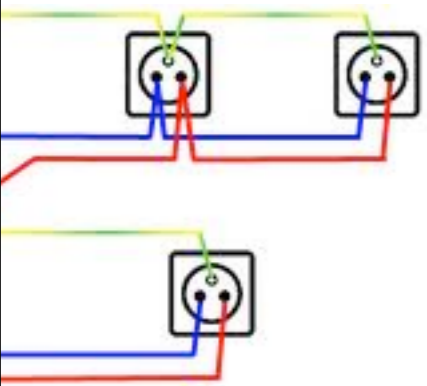
```
#include <sys/socket.h>
```

```
int socket(int domaine, int type, int protocole);
```

- où :
 - domaine vaut PF_INET ou PF_INET6 (pour ce qui nous intéresse)
 - type SOCK_STREAM (pour ce qui nous intéresse, mais il existe SOCK_DGRAM, SOCK_RAW ou SOCK_SEQPACKET)
 - protocole spécifie un protocole de la famille donnée (pour nous ce sera 0)



Les sockets doivent être associées à un point de communication



- Du côté serveur, il est **nécessaire** d'associer cette socket à un port donné sur l'une des (ou toutes les) adresses de la machine
- cette association s'effectue par appel à

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

```
int bind(int socket,  
        const struct sockaddr *adresse,  
        socklen_t longueur);
```

- où longueur est la longueur de la structure décrivant l'adresse
- en général le bind s'effectue sur INADDR_ANY



- une fois associée à un point de communication, il est nécessaire de faire de cette socket une socket serveur
- en faisant en sorte que le système autorise la réception de demandes connexions entrantes
- en contrôlant le nombre de demandes en attente possible
- La fonction à appeler est :

```
#include <sys/socket.h>  
int listen(int socket, int attente);
```
- en général attente est égal à 0 (ce qui signifie qu'on laisse le système trouver une valeur appropriée)



- l'acceptation d'une demande de connexion entrante s'effectue par appel à

```
#include <sys/socket.h>  
int accept(int socket,  
           struct sockaddr *adresse,  
           socklen_t *longueur);
```
- qui attend qu'une demande de connexion entrante arrive si la file d'attente est vide (ce comportement peut être modifié, O_NONBLOCK)
- qui extrait une demande si la file d'attente n'est pas vide

- la valeur de retour de la fonction `accept` est
 - un descripteur d'entrée/sortie correspondant à une socket de service
 - ce descripteur est manipulable comme n'importe quel autre (`O_NONBLOCK`, etc.)
 - on peut consulter ses caractéristiques via `getsockname()`...

- Du côté client, il faut demander l'établissement d'une connexion à l'aide de la fonction :

```
int connect(int socket,  
           const struct sockaddr *adresse,  
           socklen_t longueur);
```

- connexion tentée vers le socket serveur à l'adresse indiquée

- Nous savons que les communications via des socket en mode flux sont en duplex intégral (full-duplex), i.e. des informations peuvent circuler dans les deux sens
- il est possible d'interdire certaines opérations futures par appel à :

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

```
int shutdown(int socket, int quoi);
```

- où `quoi` peut-être :
 - `SHUT_RD`, `SHUT_WR`, `SHUT_RDWR`

- Une fois la communication établie les descripteurs peuvent être utilisés pour lire et écrire à l'aide des fonctions ordinaires `read()` et `write()`
- la terminaison est normalement obtenue par `close()`

```
#include <netinet/in.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <strings.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
    int s;
    struct sockaddr_in a;

    s = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (s == -1) {
        fprintf(stderr, "socket problem\n");
        exit(EXIT_FAILURE);
    }
    bzero(&a, sizeof(a));
    a.sin_family = AF_INET;
    a.sin_port = htons(61234);
    a.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
    if (bind(s, (struct sockaddr *)&a, sizeof(a)) == -1) {
        fprintf(stderr, "bind problem");
        close(s);
        exit(EXIT_FAILURE);
    }
}
```

```
if (listen(s,0)==-1) {
    fprintf(stderr,"listen problem");
    close(s);
    exit(EXIT_FAILURE);
}
int d, l, i;
struct sockaddr_in c;
char buffer[256];
int lus;
do {
    if ((d=accept(s,(struct sockaddr *)&c,&l))== -1) {
        fprintf(stderr,"accept problem");
        close(s);
        exit(EXIT_FAILURE);
    }
    shutdown(s,SHUT_WR);
    while ((lus=read(d,buffer,256))>0) {
        for (i=0; i<lus; i++) printf("%2x(%c) ",buffer[i],buffer[i]);
        printf("\n");
    }
    close(d);
} while(lus==0);

close(s);
}
```



```
#include <netinet/in.h>
#include <netdb.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <strings.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
    int s, i;
    struct sockaddr_in a;
    struct hostent *he;

    if (argc < 2) {
        fprintf(stderr, "usage: %s host\n", argv[0]);
        exit(EXIT_FAILURE);
    }
    he = gethostbyname(argv[1]);
    if (he == NULL) {
        fprintf(stderr, "problem with name resolution\n"),
            exit(EXIT_FAILURE);
    }
    s = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (s == -1) {
        fprintf(stderr, "socket problem\n");
        exit(EXIT_FAILURE);
    }
}
```

```
bzero(&a, sizeof(a));
a.sin_family = AF_INET;
a.sin_port = htons(61234);
memcpy(&(a.sin_addr.s_addr),
        he->h_addr_list[0], he->h_length);
a.sin_addr.s_addr = inet_addr("127.0.0.1");
if (connect(s, (struct sockaddr *)&a,
            sizeof(a)) == -1) {
    fprintf(stderr, "bind problem");
    close(s);
    exit(EXIT_FAILURE);
}
char *n = "bonjour";
printf("sent %d\n", write(s, n, strlen(n)));
close(s);
exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

- Pour les sockets, il est possible de lire via :

```
ssize_t recv(int socket, void *tampon,  
             size_t longueur, int options);
```

- où les options possibles sont des combinaisons de :

- MSG_PEEK, pour lire sans extraire les données
- MSG_OOB, pour lire les messages hors-bande
- MSG_WAITALL, pour demander une lecture de la quantité donnée (attente si nécessaire)

- Pour les sockets, il est possible d'écrire via :

```
ssize_t send(int socket, const void *tampon,  
            size_t longueur, int options);
```

- où options est une combinaison de :
 - MSG_EOR, pour terminer l'envoi par une marque de fin de message
 - MSG_OOB, pour envoyer des données hors-bande

- On notera qu'il est aussi possible de réaliser des transmissions via `recvfrom()` et `sendto()`
- mais on réservera ces fonctions pour des communications en mode par paquet
- ou encore via `recvmsg()` et `sendmsg()`
- on réservera l'emploi de celles-ci pour des écritures/lectures de messages