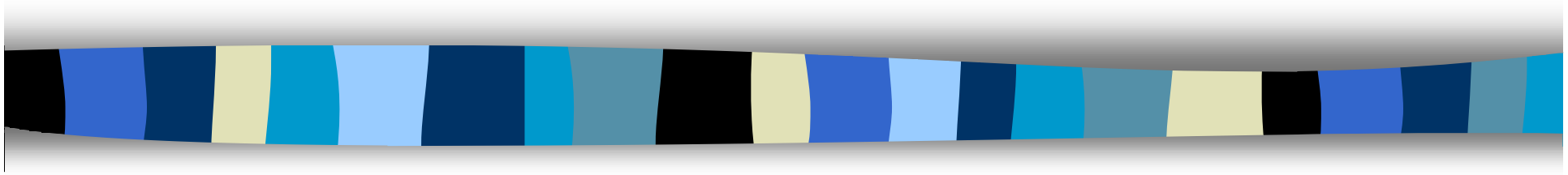
Programmation des Sockets sous Unix

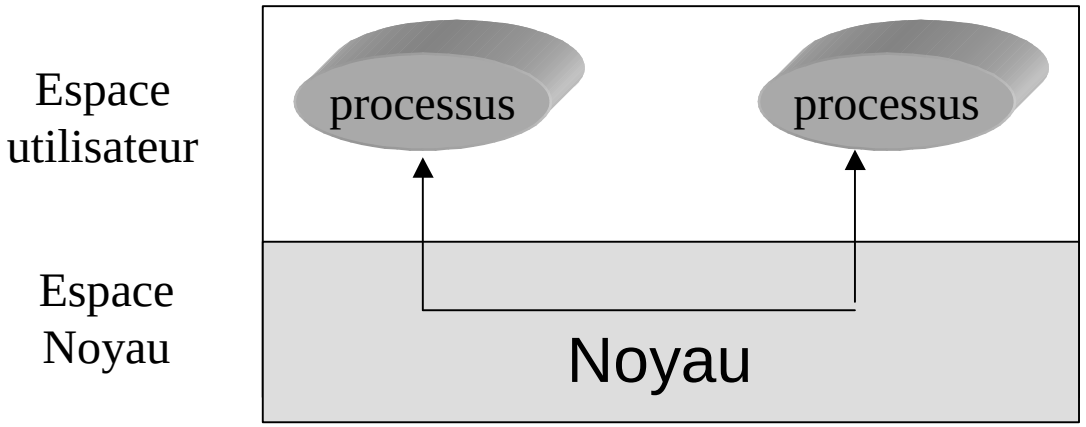


Hafid Bourzoufi

Didier Donsez

Université de Valenciennes
Institut des Sciences et Techniques de Valenciennes
donsez@univ-valenciennes.fr

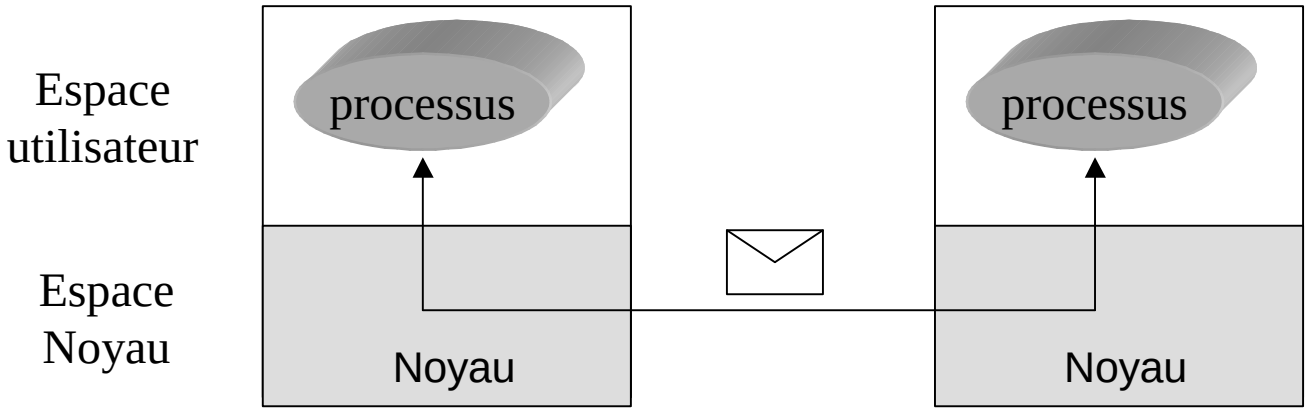
Les communications dans les systèmes centralisés (Rappel)



Les communications supposent
l 'existence d 'une mémoire partagée

Exemples : les pipes d 'Unix, les IPCs système V

Les communications dans les systèmes répartis

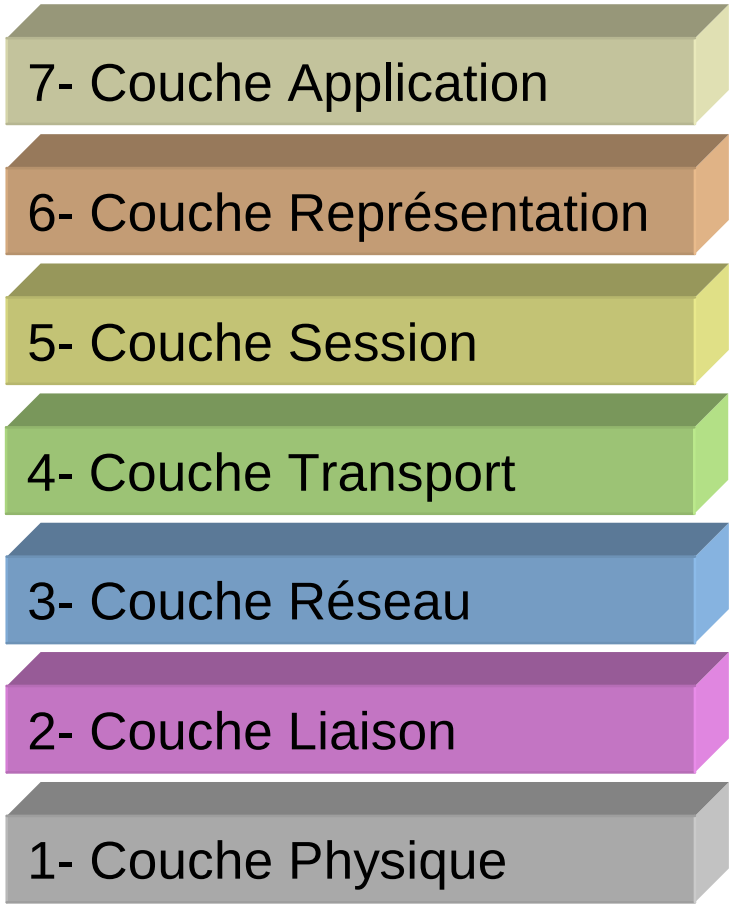


Les communications par envoi de message

Protocole de communication

- La mise en œuvre des communications entre systèmes nécessite des protocoles de communication
- Protocole = un ensemble d ’accords sur
  - la représentation des bits
  - détection de la fin d ’un message
  - acheminement des message
  - représentation des nombres, des caractères
  - etc …
  - Il faut un accord à plusieurs niveaux, depuis les détails de bas niveau de la transmission des bits jusqu ’à ceux de plus haut niveau de la représentation des données

Le modèle OSI (Open System Interconnexion)



Un ensemble de services standard : terminal virtuel, transfert de fichiers, ...

Codage des informations sous une forme standard

Gestion complète d 'une session de communications entre 2 utilisateurs.

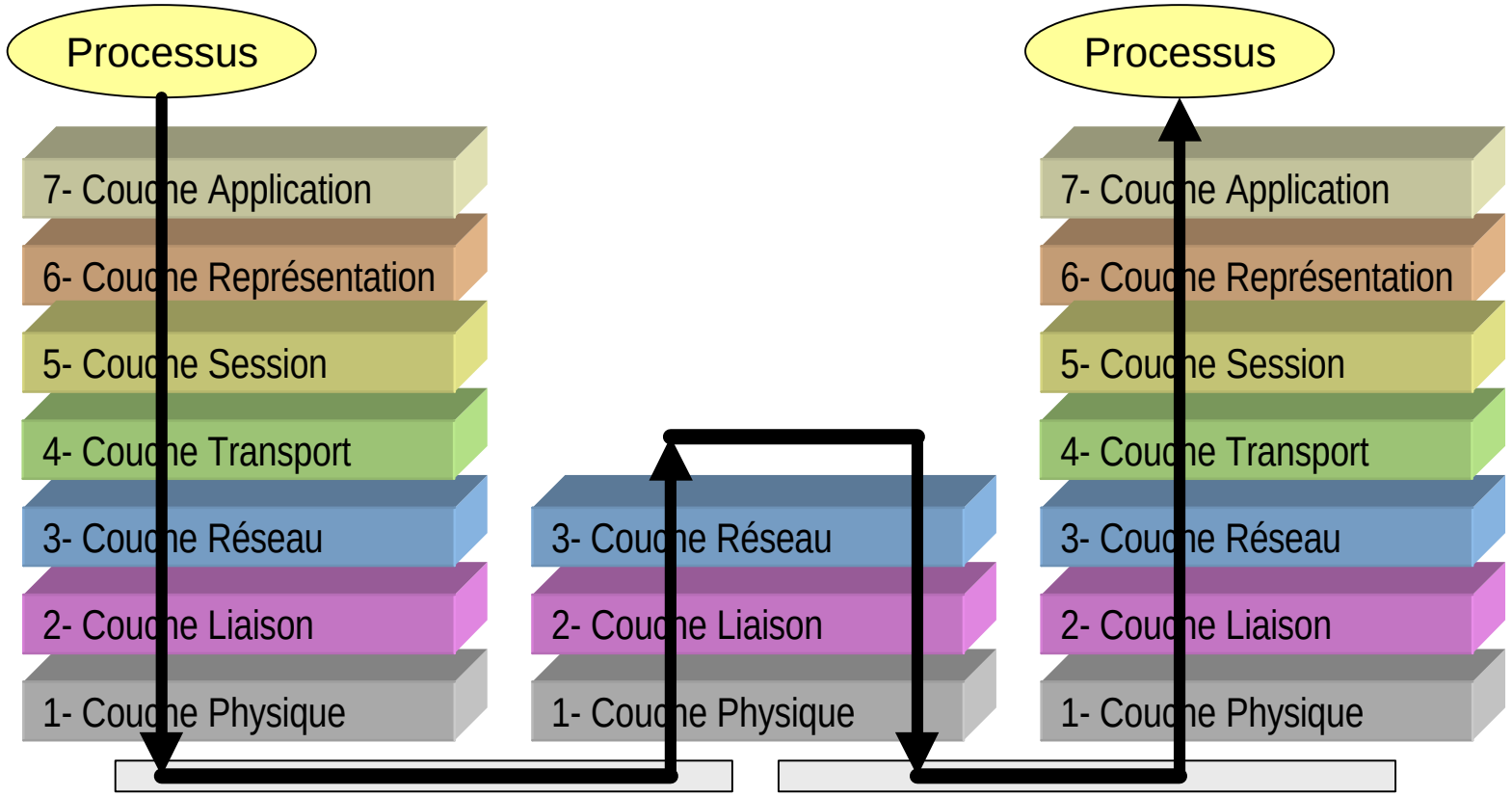
Transport de l 'information entre deux processus (Multiplexage)

Transport de l 'information entre deux points du réseau (Routage)

Transport, sans erreur entre deux points, des blocs de données (trames)

Transport de l 'information comme une suite de bits

Communication sous OSI

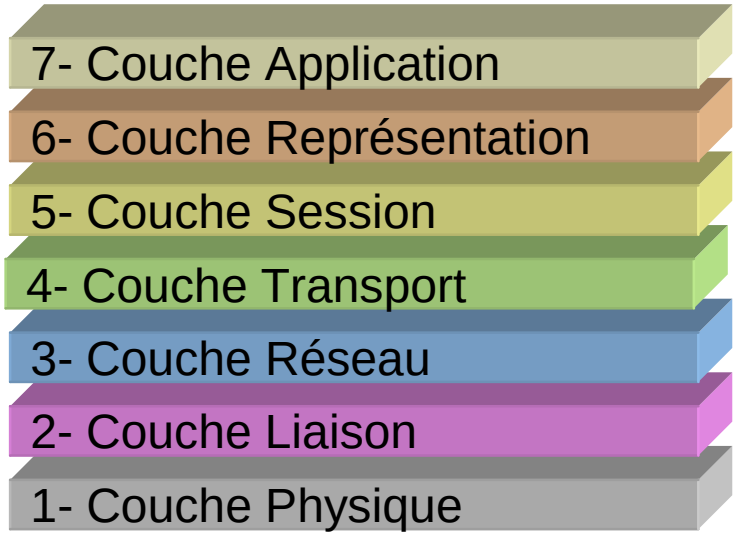


Routage entre plusieurs
supports de communication

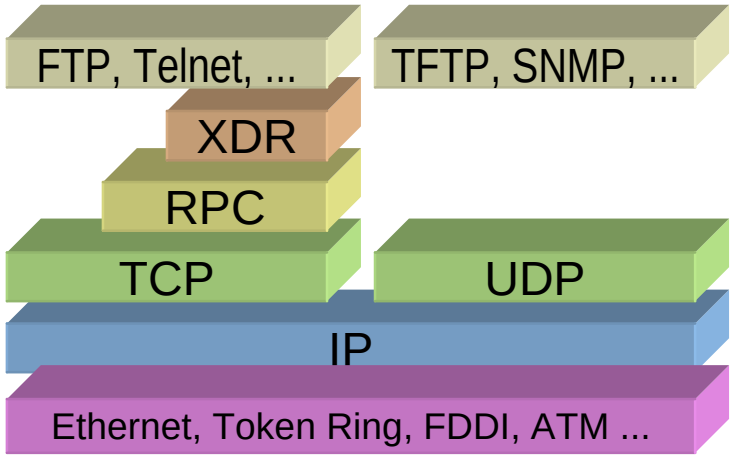
Internet Protocol : Généralités

- Un peu d ’histoire
  - Mis au point par l ’agence DARPA
  - Le réseau concerné à l ’origine était ARPANET devenu INTERNET
  - Unix BSD 4.x premier a avoir intégré IP
- Ensemble de protocoles des couches 3 à 7
  - permettant l ’interconnexion de différents types de machines et de réseaux

Le modèle OSI



Internet



Les Sockets

- Les sockets = API (Application Program Interface)
  - interface entre les programmes d applications et les couches réseaux
  - le terme Socket désigne aussi un canal de communication par lequel un processus peut envoyer ou recevoir des données

- L ’API Socket s’approche de l ’API Fichier d ’Unix
  - Descripteur de socket dans la table des descripteurs du processus
  - Primitives read(), write(), close(), ioctl(), fnctl(), select()
  - Signaux SIGIO, SIGPIPE …
  - Les descripteurs peuvent être partagés par les descendants de son créateur

- Un peu d ’histoire
  - Proposé par le système Unix BSD
  - implémentation WinSock de Trumpet pour Windows 3.x

Création d ’un Socket

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

- crée un socket et retourne son numéro de descripteur dans la table des descripteurs du processus
- -1 si erreur (errno est positionné)

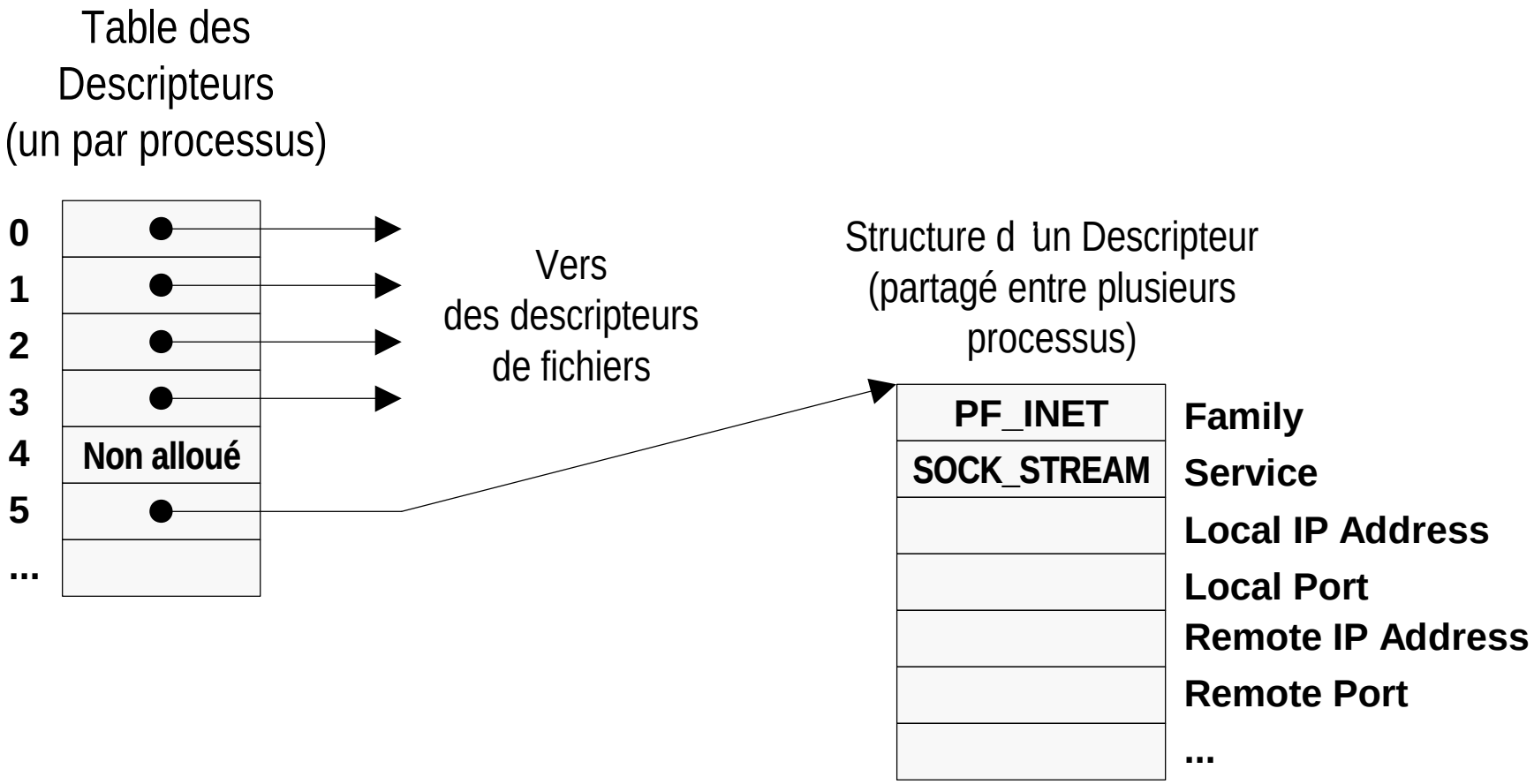
- cependant le socket n ’est pas lié (*bounded*) à un socket distant
  - ce qui est nécessaire pour le mode connecté
  - ce qui n ’est pas nécessaire pour le mode non connecté

Création d ’un socket

- Domaine d ’adresse:
  - Internet `AF_INET`, Unix `AF_UNIX`
  - mais aussi `AF_OSI`, `AF_NS`, `AF_SNA`, `AF_CCITT`, `AF_APPLETALK`, `...`
- Type
  - au niveau bas du protocole (exemple : datagramme IP) `SOCK_RAW`
  - en mode non connecté `SOCK_DGRAM`, `SOCK_RDM`, `SOCK_SEGPACKET`
  - en mode connecté `SOCK_STREAM`
- Protocole :
  - par défaut à 0, le système choisit le protocole
  - `IPPROTO_UDP` pour UDP avec les sockets de type `SOCK_DGRAM`, `SOCK_RDM`, `SOCK_SEGPACKET`
  - `IPPROTO_TCP` pour TCP avec une socket de type `SOCK_STREAM`
  - il existe d ’autres protocoles
  - dans le domaine `AF_UNIX`, il n ’y a pas de protocole

Création d ’un Socket

- Coté noyau Unix



Attachement d ’un socket à une adresse

- Après sa création, un socket n’est connu que du processus qui l ’a crée (et de ses descendants).
- Il doit être désigné par une adresse pour pouvoir être contacté de l’extérieur (autres processus locaux ou distants).

Primitive bind()

int bind(int descsock, struct sockaddr *ptlocsockaddr,int locsockaddrlen)

- associe l’adresse locale ptlocsockaddr au socket descsock
- locsockaddrlen est la taille de l ’adresse *ptlocsockaddr

Adressage des sockets

- Adresse de la domaine Unix `AF_UNIX`

  = une entrée dans le système de fichiers (local ou par NFS)

- Adresse du domaine Internet `AF_INET`

  = <adresse IP de la machine , numéro de port>

  - Sous Unix, les numéros de ports < 1024 sont réservés au SU

    Exemple de numéros réservés (ypcat services)

    » ftp : 21/tcp

    » telnet : 23/tcp

    La liste des services se trouvent dans le fichier /etc/services

    La liste des exécutables servant ces services via inetd et dans /etc/inetd

Adressage des sockets

- Format générique des adresses de sockets

```
struct sockaddr {
        short sa_family;        /* domaine AF_UNIX, AF_INET */
        char sa_data[14];       /* adresse */
}
```

- Type associé aux adresses dans le domaine Unix

```
#include<sys.un.h>
struct sockaddr_un {
        short sun_family;       /* domaine AF_UNIX */
        char sun_path[128];     /* chemin  */
}
```

- Type associé aux adresses dans le domaine Internet

```
#include <netinet/in.h>
struct in_addr { u_long s_addr; };
struct sockaddr_in {
        short           sin_family;             /* domaine AF_INET */
        u_short         sin_port;               /*  port de la socket  */
        struct in_addr  sin_addr;     /* N° IP de la machine format réseau */
        char            sin_zero[8]; /* 8 charactères nuls de bourrage */
};
```

Adressage des sockets
Fabrication d ’adresse `AF_INET`

- Dépend de son contexte d ’utilisation
  - associer l ’adresse fabriquée au socket local pour qu’il soit accessible de l extérieur
  - fabriquer l ’adresse d ’une socket éloigné

Adressage des sockets
Fabrication d 'adresse **AF_INET**

- Fabrication d 'une adresse destiné à être attachée localement (par bind)

```
void localaddress( struct sockaddr_in *s_loc) {
    s_loc->sin_family = AF_INET;
    s_loc->sin_port = 0;   /* le port sera alloué dynamiquement */
    s_loc->sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;/* adresse jocker */
}
```

- Fabrication d 'une adresse éloignée

```
void remoteaddress(struct sockaddr_in *s_rem, const char *rhost, int port) {
    struct hostent *h;
    s_rem->sin_family = AF_INET;
    s_rem->sin_port = port;
    if((h=gethostbyname(rhost))==0) {fprint(stderr,  "%s : machine inconnue ",rhost); }
    bcopy((char *)h->h_addr,(char *)s_rem->sin_addr, h->h_length);
}
```

La résolution DNS

- Obtenir un adresse IP à partir d 'un nom DNS

#include <sys/types.h><sys/socket.h><netinet/in.h><arpa/inet.h><netdb.h>
struct hostent *gethostbyname(char *hostname)

- retournent un pointeur sur une structure du type suivant :

```
struct hostent {
    char *h_name;        /* nom canonique de la machine */
    char **h_aliases;    /* tableau des autres noms d 'alias */
    int h_addrtype;      /* type d 'adresse (AF_INET pour Internet) */
    int h_length;        /* la longueur de l 'adresse (4 en IPv4) */
    char **h_addr_list;  /* tableau des adresses de type struct in_addr */
};
```

- Autres fonctions de consultation

int gethostname(char *name, size_t lg) *retourne l 'adresse IP dans la zone name*
long gethostid() *retourne l 'adresse IP de la machine locale*
struct hostent *gethostbyaddr(char *paddr, int longaddr, int typeaddr)
struct hostent *gethostent(char *hostname) parcourt le fichier /etc/hosts

La résolution DNS

- Fonction de conversion

  #include <sys/types.h><sys/socket.h><netinet/in.h><arpa/inet.h><netdb.h>
  char *inet_ntoa(const struct in_addr in) convertit la structure en adresse lisible
  unsigned long inet_addr(const char *cp) donne la forme condensée d 'un adresse

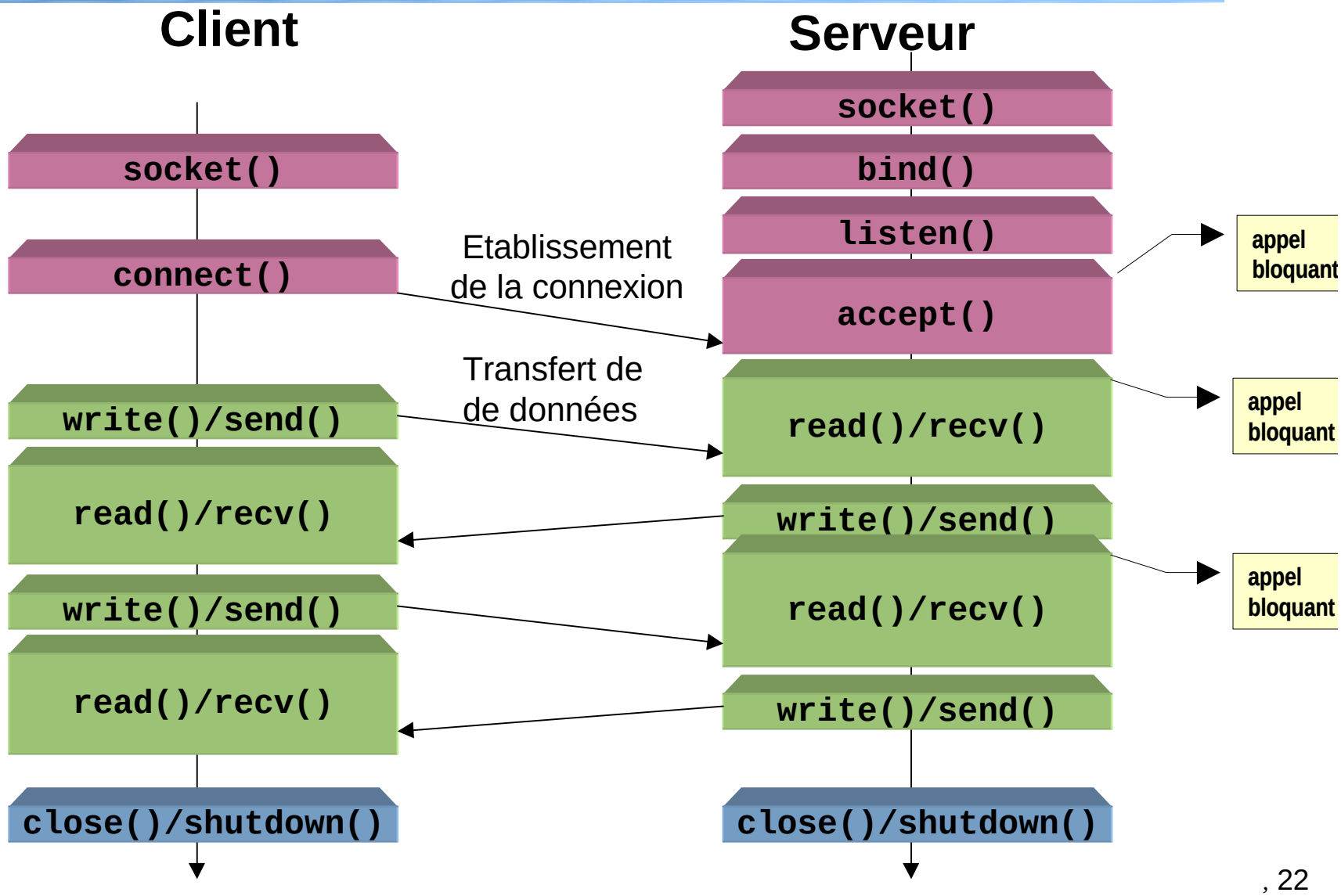
- Exemple

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <netdb.h>
int main(int argc, char** argv[]) {
    struct hostent *res; struct in_addr * addr;
    res = gethostbyname(argv[1]);
    addr = (struct in_addr *) res->h_addr_list[0];
    printf("l 'adresse principale IP est %s\n", inet_ntoa(*addr));
    for(int i=1; addr=res->h_addr_list[i] ; i++) printf("l 'autre adresse IP est %s\n", inet_ntoa(*addr));
}
```

Utilisation des sockets en mode connecté SOCK_STREAM

- Etablissement asymétrique d ’un circuit virtuel
  - Côté Client (demandeur de la connexion) : le socket est dit actif
    - crée un socket `socket()`
    - se connecte à une <adresse,port> `connect()`
    - lit et écrit dans le socket `read(),recv();write(),send()`
    - ferme le socket `close()`
  - Côté Serveur (en attente de connexion) : le socket est dit passif
    - crée un socket `socket()`
    - associe une adresse au socket `bind()`
    - se met à l ’écoute des connexions entrantes `listen()`
    - accepte une connexion entrante `accept()`
    - lit et écrit sur le socket `read(),recv();write(),send()`
    - ferme le socket `close()`

Utilisation des sockets en mode connecté SOCK_STREAM



Primitives spécifique au mode connecté

- Coté Client
  - connect() : Demande d ’une pseudo-connexion vers un socket distant

    #include <sys/types.h>

    #include <sys/socket.h>

    int connect(int *descsocket*, struct sockaddr* *ptsockaddr*, int *lensockaddr*);
    - *obligatoire en mode connecté (SOCK_STREAM)*
    - *primitive bloquante*
    - le primitive enregistre l ’adresse distante dans le descripteur de socket
    - Remarque:

      tout appel à connect() annule l ’appel précédent

      si ptsockaddr==NULL, le socket n ’est plus associé à un autre

Primitives spécifique au mode connecté

- Coté Serveur
  - listen() : Ouverture d ’un service

    int listen(int *descsocket*, int *dc*);
    - permet de déclarer un service ouvert auprès du système local
    - dc indique le nombre maximun de demandes de connexion mises en attente

  - accept() : Acceptation de connexion

    int accept(int s, struct sockaddr *ptremotesaddr,int * ptlenremotesaddr)
    - primitive normalement bloquante (asynchronisme avec select())
    - permet de prendre connaissance d ’une nouvelle connexion

      une connexion est prise dans la liste des demandes pendantes
    - retourne un descripteur d ’un socket de service dédié à cette connexion
    - ptremotesaddr contient l ’adresse du client

Primitives d ’émission/réception

- Emission
  - ssize_t write (int *descsock*, void* *buffer*, size_t *length*)
    - transmet les données du *buffer* sur le socket (connecté) *descsocket*.
    - bloquant jusqu ’au transfert
  - ssize_t send (int *descsock*, void* *msg*, size_t *length*, *int*):
    - idem mais permet d ’utiliser des options de transfert

      out-of-band signaling, debugging, etc.
- Réception
  - ssize_t read (int *descsock*, void* *buffer*, size_t *length*)
    - lire les données reçues dans le *buffer* sur le socket (connecté) *descsocket* pour une longueur maximale *length*
    - bloquant jusqu ’au transfert
  - ssize_t recv (int *descsock*, void* *msg*, size_t *length*, *int*):
    - idem mais permet d ’utiliser des options de transfert

      lecture sans extraction, etc.

Primitives de fermeture

- Fermeture - Close

  int close(int descsocket);

  - ferme le descripteur du socket et libère ses ressources s ’il n ’est plus partagé
  - Quand il reste des données bufferisées dans un SOCK_STREAM/AF_INET, le système essaie d ’acheminer ces données. Dans ce cas, le primitive peut être rendue bloquante

- Fermeture Partielle - Shutdown (SOCK_STREAM/AF_INET)

  #include <sys/ioctl.h>

  int shutdown(int descsocket, int sens);

  - ferme **partiellement** le descripteur du socket *full-duplex (ie SOCK_STREAM*)
    - sens=0 : le socket n ’accepte plus de lecture : read/recv renvoie 0
    - sens=1 : le socket n ’accepte plus d ’envoi: write/send provoque SIGPIPE
    - sens=2 : le socket n ’accepte plus ni lecture, ni écriture/envoi

Exemple: Code C du Client

```
/* Usage : streamclient /usr/local/mysock "Hello World !" */
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include<string.h>
main(int argc, char *argv[]) {
int sd; int len;
struct sockaddr_un serveraddr;

sd=socket(AF_INET, SOCK_STREAM,0);

serveraddr.sun_family=AF_UNIX;
strcpy(argv[1], serveraddr.sun_path, sizeof(argv[1]));
if(connect(sd, (sockaddr *)&serveraddr, sizeof(serveraddr)) <0) exit();

len=strlen(argv[2]); write(sd, &len, sizeof(len));
write(sd, argv[2], len);
close(sd);
}
```

Exemple: Code C du Serveur

```
/* Usage : streamserveur /usr/local/mysock */
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include<string.h>
main(int argc, char *argv[]){
    int sd, ns, nb; char buf[256]; int len;
    struct sockaddr_un serveraddr, clientaddr; int clientaddrlen;
    sd=socket(AF_UNIX, SOCK_STREAM,0);

    servaddr.sun_family=AF_UNIX;
    strcpy(argv[1], serveraddr.sun_path, sizeof(argv[1]));

    bind(sd, (sockaddr *)&serveraddr, sizeof(servaddr));
    listen(sd,1);
    ns=accept(sd,(sockaddr *)&clientaddr, &clientaddrlen);

    nb=read(ns, &len, sizeof(len)); /* les erreurs ne sont pas traitées */
    nb=read(ns, buf, len); write(1,buf,nb);
    close(ns); close(sd);
}
```

Exemple: Code Perl d ’un Client

```
require './socket.ph';
($them,$port) = @ARGV;
$port = 8888 unless $port;  $them = 'localhost' unless $them;
$sockaddr = 'S n a4 x8';
chop($hostname = `hostname`);
($name, $aliases, $proto) = getprotobyname('tcp');
($name, $aliases, $port) = getservbyname($port, 'tcp') unless $port =~ /^\d+$/;
($name, $aliases, $type, $len, $thisaddr) = gethostbyname($hostname);
($name, $aliases, $type, $len, $thataddr) = gethostbyname($them);
$this = pack($sockaddr, &AF_INET, 0, $thisaddr);
$that = pack($sockaddr, &AF_INET, $port, $thataddr);
socket(S, &PF_INET, &SOCK_STREAM, $proto) || die "socket: $!";
bind(S, $this) || die "bind: $!";
connect(S, $that) || die "connect: $!";
select(S); $| = 1; select(stdout);
while (<>) { print S;   }
```

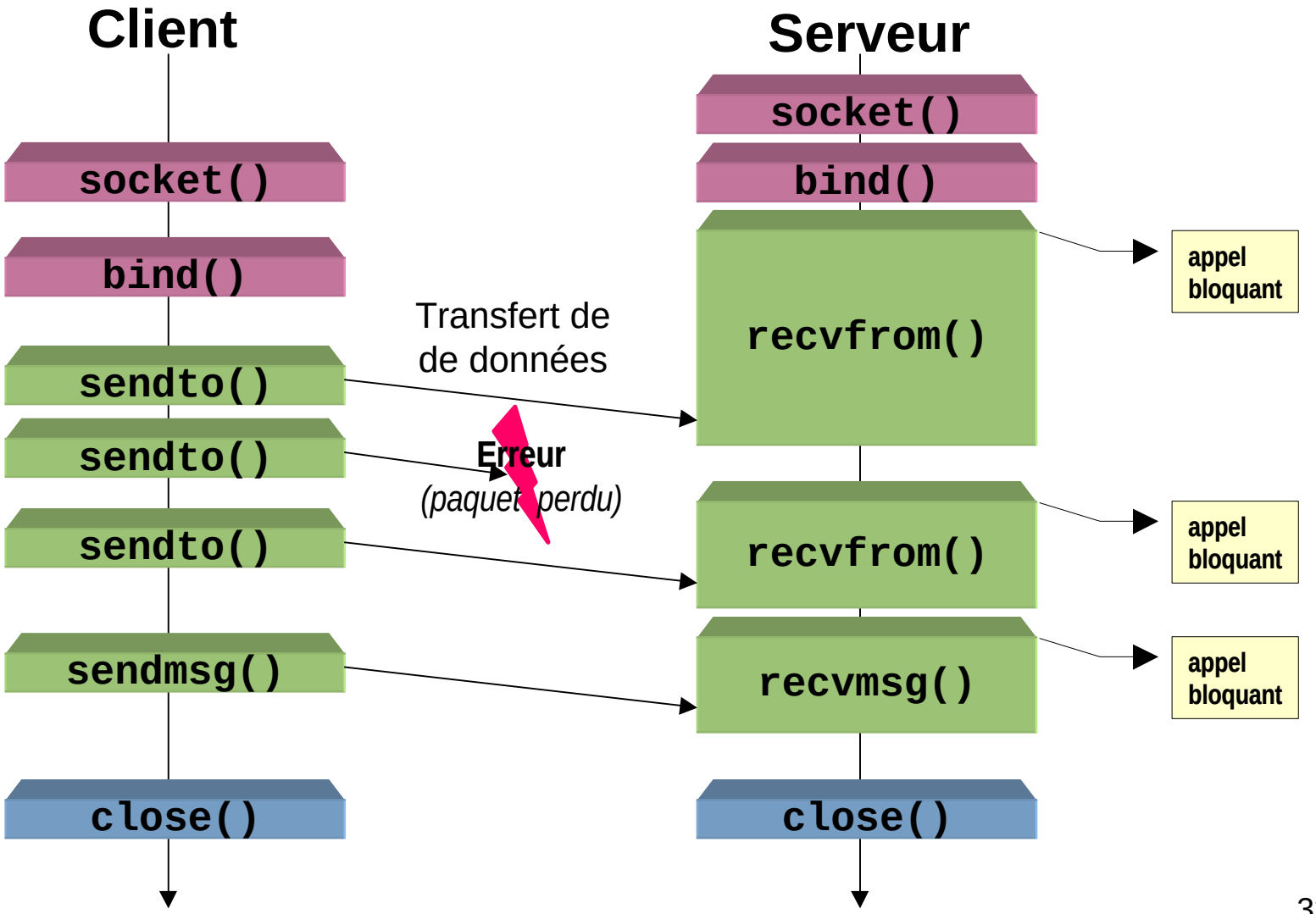
Exemple: Code Perl d ’un Serveur

```
require './socket.ph';
($port) = @ARGV; $port = 8888 unless $port;
$sockaddr = 'S n a4 x8';
($name, $aliases, $proto) = getprotobyname('tcp');
($name, $aliases, $port) = getservbyname($port, 'tcp') unless $port =~ /^\d+$/;
$this = pack($sockaddr, &AF_INET, $port, "\0\0\0\0");
select(NS); $| = 1; select(stdout);
socket(S, &PF_INET, &SOCK_STREAM, $proto) || die "socket: $!";
bind(S, $this) || die "bind: $!";
listen(S, 5) || die "listen: $!";
select(S); $| = 1; select(stdout);
for (;;) {   print "Listening again\n";
             ($addr = accept(NS,S)) || die $!; print "accept ok\n";
             ($af,$port,$inetaddr) = unpack($sockaddr,$addr);
             @inetaddr = unpack('C4',$inetaddr); print "$af $port @inetaddr\n";
             while (<NS>)  {  print;   print NS;  } }}
```

Utilisation des sockets en mode non connecté SOCK_DGRAM

- Fonctionnement
  - Côté Emetteur
    - crée un socket — `socket()`
    - associe une adresse au socket — `bind()`
    - envoi d ’un message dans le socket — `sendto()/sendmsg()`
    - libère le socket — `close()`
  - Côté Récepteur
    - crée un socket — `socket()`
    - associe une adresse au socket — `bind()`
    - écoute et réception d ’un message — `recvfrom()/recvmsg()`
    - libère le socket — `close()`

Utilisation des sockets en mode non connecté SOCK_DGRAM



Primitives d ’émission/réception

- Emission
  - int sendto(int *descsock*, void* *buffer*, size_t *length*, int *flag*, struct sockaddr* *ptsockaddr*, int *lensockaddr*)
    - transmet les données du *buffer* sur le socket *descsocket* vers l ’adresse *ptsockaddr*
  - int sendmsg(int *descsock*, struct msghdr* *msghdr*, int *flag*)
    - transmet les données fragmentées décrites par *msghdr* sur le socket *descsocket* dans le domaine AF_UNIX
- Réception
  - int recvfrom(int *descsock*, void* *buffer*, size_t *length*, int *flag*, struct sockaddr* *ptsockaddr*, int* *ptlensockaddr*)
    - reçoit les données du socket *descsocket* dans le *buffer*. l ’adresse *ptsockaddr* est celui de l ’expéditeur.
  - int recvmsg(int *descsock*, struct msghdr* *msghdr*, int *flag*)
    - reçoit du socket *descsocket* des données fragmentées décrites par *msghdr* dans le domaine AF_UNIX

Exemple: Code C de l ’Emetteur

```
/* Usage : udpsend hostrec 1234 "Hello World !" */
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include<string.h>
main(int argc, char *argv[]) {
int sd;
struct hostent hp;
struct sockaddr_in recvaddr;
sd=socket(AF_UNIX, SOCK_DGRAM,0);

hp=gethostbyname(argv[1]);
recvaddr.sin_family=AF_INET; recvaddr.sin_port=htons(atoi(argv[2]));
memcpy(& recvaddr.sin_addr.s_addr, hp->h_addr, hp->hp_length);

sendto(sd, argv[3], strlen(argv[3]),&recvaddr, sizeof(recvaddr));
close(sd);
}
```

Paramétrage des sockets AF_INET

- plusieurs niveaux de paramétrage
  - SOL_SOCKET : directement sur les sockets
  - IPPROTO_IP : directement sur la couche IP
  - IPPROTO_TCP : directement sur la couche TCP
  - IPPROTO_UDP : directement sur la couche UDP
- Primitives

#include <sys/socket.h>

int getsockopt(int descsocket, int level, int option, void* ptoptionvalue, int* ptlenoptionvalue)

- consultation de la value d 'une option d 'un niveau pour le socket

int setsockopt(int descsocket, int level, int option, void* ptoptionvalue, int lenoptionvalue)

- modification de la value d 'une option d 'un niveau pour le socket

Paramétrage des sockets AF_INET
Les options

- Niveau Socket (SOL_SOCKET)
  - SO_BROADCAST : autorise la diffusion (SOCK_DGRAM/AF_INET)
  - SO_DONTROUTE : court-circuite le routage standard (SOCK_STREAM/AF_INET)
  - SO_KEEPALIVE : teste l ’activité sur une connexion (SOCK_STREAM/AF_INET)
  - SO_LINGER : temps accordé au tentative d ’envoi (SOCK_STREAM/AF_INET)
  - SO_OOBINLINE : les msg MSG_OOB sont placés dans le tampon de réception du socket récepteur (SOCK_STREAM/AF_INET)
  - SO_REUSEADDR : réutilisation d ’une adresse locale pour réaliser la connexion
  - SO_TYPE : type du socket
  - SO_RCVBUF : taille du buffer de réception du socket
  - SO_SNDBUF : taille du buffer d ’emission du socket
- Niveau TCP (IPPROTO_TCP)
  - TCP_NODELAY : force l ’envoi des données sans bufferisation (SOCK_STREAM/AF_INET)
  - TCP_MAXSEG : connaître la taille maximale d ’un segment TCP (SOCK_STREAM/AF_INET)

Conclusion

- Les sockets sont une API bas niveau pour échanger des données entre processus disribués sur un réseau
  - les messages et flux de données ne sont pas structurés

- Solutions plus adaptés pour du Client-Serveur
  - Des outils plus adaptés (RPC, RMI, CORBA) masquent au développeur les détails de la connection et le codage des messages

Bibliographie
Architecture et Principe d 'IP

- Généralités
  - Guy Pujolle, "Les réseaux", Ed Eyrolles , 3ème éd., 2000, ISBN 2-212-09119-2
    - Chapitres 12 et 16 : IP dans les grandes lignes
    - mise à jour régulière
- Détail
  - W.R. Stevens, " TCP/IP Règles et Protocoles " Volume 1,2 et 3, Ed Vuibert (Addison-Wesley pour la VA de 1994), 1998, ISBN 2-7117-8639-0
    - très détaillé, plus que complet
    - mais commence à dater
  - Douglas E. Comer, « Internetworking with TCP/IP volume I », Prentice Hall
  - Douglas E. Comer & David L. Stevens, « Internetworking with TCP/IP volume II (Implementation and Design Issues) », Prentice Hall
  - Douglas E. Comer & David L. Stevens, « Internetworking with TCP/IP volume III (Client / Server Programming & Apps.) », Prentice Hall
- Liens
  - http://www.yahoo.com/Computers/Software/Protocols/IP/

Bibliographie

Programmation des Sockets

- UNIX et C
  - Jean-Marie Rifflet, « La communication sous Unix », Ed EdiScience Intl, ISBN 2-84074-106-7
    - voir les chapitres 5, 6 et 10
- Perl
  - Larry Wall, Randal Schwartz, « Programming Perl », O'Reilly (la VF existe)
  - Clinton Wong, " Programmation de clients Web avec Perl ", Ed Oreilly, 1997, ISBN 2-84177-050-8
- Voir le Cours « Programmation Réseau en Java »