

# Programmer une application client-serveur

Hinde Bouziane (bouziane@lirmm.fr)

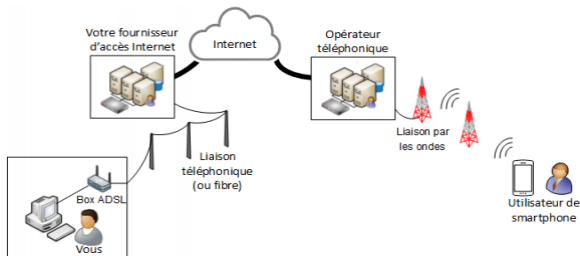
Sockets UDP/IP et TCP/IP

# Notions requises

- Réseaux informatiques, réseau local, Internet
- Modèle en couches
- Adresses IP, paquet (données + entête), routage

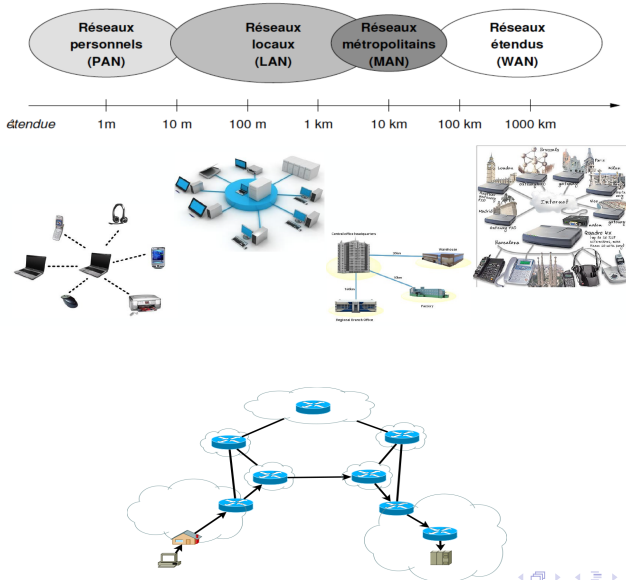
# Réseau informatique

- Un ensemble d'ordinateurs interconnectés par des supports de transmission (filaire ou non filaire).



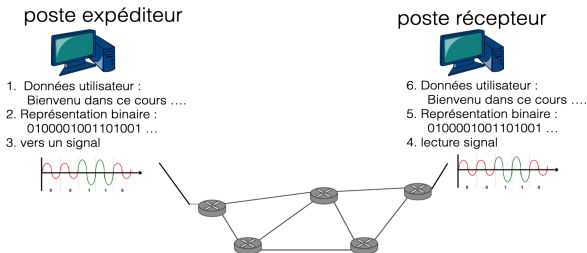
- Un ensemble de matériels et de logiciels permettant à des équipements de communiquer entre eux.
- Remarque : Ce sont des logiciels / des processus qui communiquent.

# Réseau local et Internet



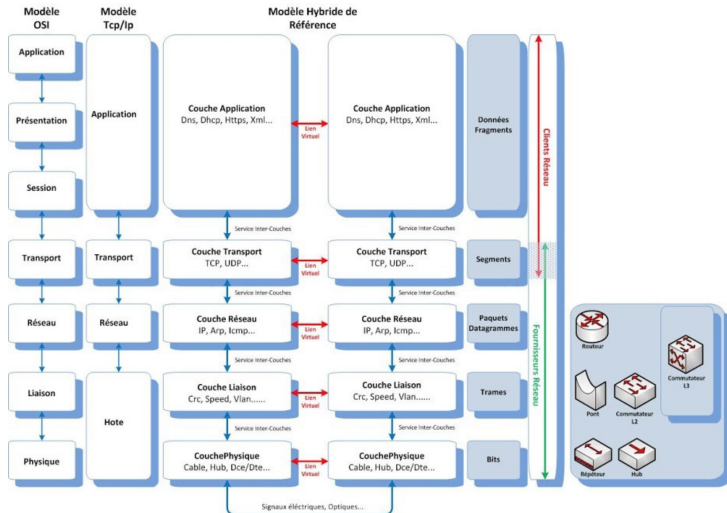
# Problématique des réseaux

De la construction d'un message par un expéditeur à sa réception par un destinataire.

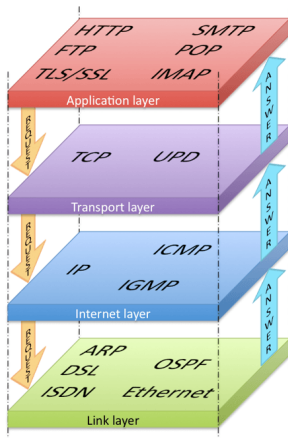


Des protocoles définissent la règle du jeu.

# Norme OSI (Open Systems Interconnection)



# Simplifions : vision en 4 couches



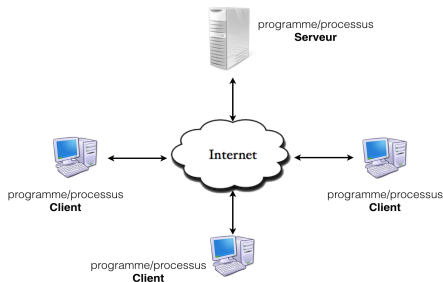
# Adresses IP, paquet et routage

- Nous nous positionnons dans la couche application et utilisons l'API offerte par la couche transport. L'unité de communication est un message (une donnée ou portion d'une donnée).
- La couche transport peut découper un message en unités plus petites (segments) pour les passer à la couche réseau. La couche réseau en forme des paquets, etc.
- Les paquets peuvent arriver dans le désordre (en fonction du routage).
- La couche transport effectue le ré-assemblage d'un message à la réception des morceaux et éventuellement la remise dans l'ordre.
- Un segment (respectivement un paquet) est formé d'une donnée en provenance de la couche application (resp. de la couche transport) et d'une entête pour assurer une transmission correcte des données, etc.
- Pour communiquer il faut au moins pouvoir identifier une machine dans le réseau : elle aura une adresse IP (Internet Protocol).



# Objectif

Concevoir et programmer des applications nécessitant des communications distantes en utilisant les protocoles de transport TCP et UDP.



## Plus précisément :

- les sockets TCP ou UDP
- le protocole réseaux Internet
- le langage C - Noyau Unix

# Le modèle client-serveur

## Serveur :

*processus qui attend des requêtes provenant de processus clients, réalise ces requêtes et rend (ou pas) les résultats.*

# Le modèle client-serveur

## Serveur :

*processus qui attend des requêtes provenant de processus clients, réalise ces requêtes et rend (ou pas) les résultats.*

## Client :

processus qui envoie des requêtes au processus dit *serveur*, attend une réponse (ou pas).

# Le modèle client-serveur

## Serveur :

*processus qui attend des requêtes provenant de processus clients, réalise ces requêtes et rend (ou pas) les résultats.*

## Client :

processus qui envoie des requêtes au processus dit *serveur*, attend une réponse (ou pas).

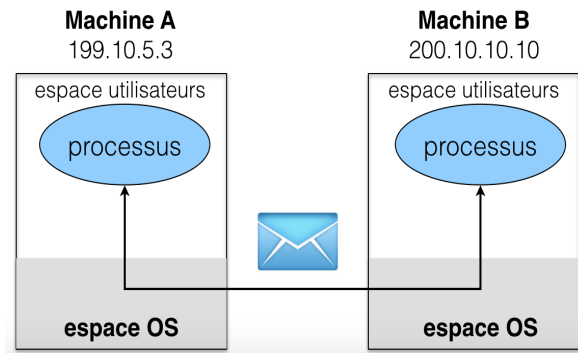
## Requête / réponse :

suite d'instructions, commandes, simple chaîne de caractères, etc. obéissant à un langage, un accord ou une structure préalables connus des deux entités communicantes (protocole d'application).

# Contenu

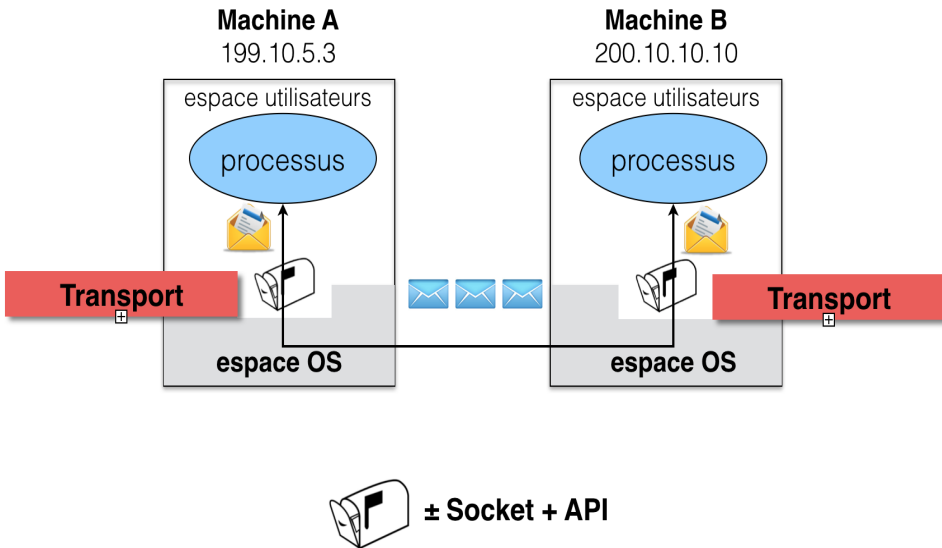
- 1 Introduction
- 2 Présentation des sockets
- 3 Communications en mode non connecté (UDP)
- 4 Communications en mode connecté (TCP)
- 5 Gestion de plusieurs clients (TCP)

# Communications dans les systèmes répartis / distribués



Envoi / réception de messages

# Communications dans les systèmes répartis / distribués



- 1 Introduction
- 2 Présentation des sockets**
- 3 Communications en mode non connecté (UDP)
- 4 Communications en mode connecté (TCP)
- 5 Gestion de plusieurs clients (TCP)



# Qu'est ce qu'une socket ?

## Définition 1

Une socket (en français, prise) est une notion qui étend celle de tube / pipe. Elle permet de définir un canal de communication entre deux processus, sauf qu'elle permet en plus :

- la communication distante (en réseaux) ;
- le choix de différents protocoles de communication (transport, réseau, etc).

# Qu'est ce qu'une socket ?

## Définition 1

Une socket (en français, prise) est une notion qui étend celle de tube / pipe. Elle permet de définir un canal de communication entre deux processus, sauf qu'elle permet en plus :

- la communication distante (en réseaux) ;
- le choix de différents protocoles de communication (transport, réseau, etc).

## Définition 2

*Une socket est une extrémité d'un canal de communication bidirectionnel entre deux processus*

# Qu'est ce qu'une socket ?

## Définition 1

Une socket (en français, prise) est une notion qui étend celle de tube / pipe. Elle permet de définir un canal de communication entre deux processus, sauf qu'elle permet en plus :

- la communication distante (en réseaux) ;
- le choix de différents protocoles de communication (transport, réseau, etc).

## Définition 2

*Une socket est une extrémité d'un canal de communication bidirectionnel entre deux processus*

## Bidirectionnel

Dans les deux sens : envoi et réception.

# Propriétés d'une socket

Concrètement, une socket est définie par :

- un domaine d'appartenance
- une paire (adresse IP et numéro de port) pour la désigner dans le domaine.
- un type
- un protocole

Autres propriétés :

- une socket est identifiée par un descripteur de fichier
- une socket est associée à deux buffers :
  - un de réception : contient les données reçues par la couche transport et à lire par la couche application,
  - un d'émission : contient les données que la couche application transmet à la couche transport.
- Une socket est un concept multiplateforme et multi-langage.

# Domaine de communication

Le domaine permet d'identifier une socket dans un domaine d'adresses et son utilisation dans une famille de protocoles connus.

Exemples :

- **IPv4 (PF\_INET)** : L'adresse de la socket est une adresse IPv4 et la communication se fait avec un ou des processus distants suivant les protocoles Internet v4.
- **IPv6 (PF\_INET6)** : L'adresse de la socket est une adresse IPv6 et la communication se fait avec un ou des processus distants suivant les protocoles Internet v6.
- Etc. : voir la documentation

Nous utiliserons le domaine IPv4 (PF\_INET).

# Désigner une socket dans un domaine : Nommage

- Pour pouvoir se connecter ou envoyer des données à une socket distante, il est nécessaire de connaître son adresse (adresse IP, numéro de port).
- L'association d'une adresse à une socket est appelée : nommage.
- Deux méthodes de nommage :
  - Le programmeur ou l'utilisateur choisi une adresse IP et un numéro de port. Dans ce cas, le système vérifie leur disponibilité.
  - Laisser le système choisir une ou des adresses. Il est possible ensuite de consulter ces informations pour les connaître.

# Allocation des numéros de port

- Dans l'Internet, chaque application client-serveur va se voir attribuer un ou des numéros de port **public(s)**.
- Les numéros jusqu'à 1024 sont officiellement réservés pour des applications connues et ne peuvent être demandés par une application d'utilisateur non administrateur.
- Exemples :
  - Tous les serveurs `sshd` utilisent strictement le port numéro 22 ;
  - Tous les serveurs `httpd` utilisent *par défaut* le port numéro 80.
- Pour vos programmes, les numéros de ports seront supérieurs à 1024.

# En pratique

- Créer une socket
- Nommer une socket
- Fermer une socket



# Création d'une socket dans le domaine IPv4

```
int socket(int domain, int type, int protocole)
```

# Création d'une socket dans le domaine IPv4

```
int socket(int domain, int type, int protocole)
```

## Exemple

```
int dSock = socket(PF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
```

Pour l'instant, on ne se préoccupe pas des deux derniers paramètres (nous les verrons plus tard).

# Création d'une socket dans le domaine IPv4

```
int socket(int domain, int type, int protocole)
```

## Exemple

```
int dSock = socket(PF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
```

Pour l'instant, on ne se préoccupe pas des deux derniers paramètres (nous les verrons plus tard).

## Valeur de retour

Le descripteur de la socket créée ou -1 en cas d'erreur.

# Nommage d'une socket (1/4)

<pre>int <b>bind</b> (int descripteur,           const struct sockaddr *adresse,           socklen_t lgAdr)</pre>	<pre><i>// descripteur de socket</i> <i>// pointeur vers l'adresse</i> <i>// longueur de l'adresse</i></pre>
---	--

# Nommage d'une socket (1/4)

```
int bind (int descripteur,           // descripteur de socket
          const struct sockaddr *adresse, // pointeur vers l'adresse
          socklen_t lgAdr)           // longueur de l'adresse
```

## La structure sockaddr

```
struct sockaddr {
    sa_family_t sa_family; // famille d'adresses, AF_XXX
    char sa_data[14];      // 14 octets pour l'IP + port
};
```

Elle définit un type générique d'adresses. Le type réellement utilisé varie en fonction du domaine de la socket :

- Si AF\_INET alors struct sockaddr\_in : une adresse IPv4 et un port
- Si AF\_INET6 alors struct sockaddr\_in6 : une adresse IPv6 et un port

## Nommage d'une socket (2/4)

### La structure sockaddr\_in

```
struct sockaddr_in {  
    sa_family_t sin_family; // famille AF_INET  
    in_port_t sin_port; // numéro de port au format réseau  
    struct in_addr sin_addr; // structure d'adresse IP  
};  
struct in_addr { uint32_t s_addr; // adresse IP au format réseau };
```

### Remarques

- L'IP et le numéro de port sont stockés au format réseau (network byte order) : XXxx
- Les entiers sont au format hôte (host byte order) : xxXX ou XXxx
- Une conversion est nécessaire : fonctions ntohs(), htons(), ntohl(), htonl()

# Nommage d'une socket (3/4)

## Exemple

```
int dSock = socket(PF_INET, SOCK_DGRAM, 0);  
struct sockaddr_in ad;  
ad.sin_family = AF_INET;  
ad.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;  
ad.sin_port = htons((short)31470); // numéro est à passer en paramètre !  
int res = bind(dSock, (struct sockaddr*)&ad, sizeof(ad));
```

## INADDR\_ANY

*Attache la socket à toutes les interfaces réseaux locales.*

## Valeur de retour

0 si le nommage a réussi, -1 sinon (e.g. si le port est déjà utilisé).

# Allouer un numéro de port automatiquement (4/4)

## Exemple

```
int dSock = socket(PF_INET, SOCK_DGRAM, 0);  
struct sockaddr_in ad;  
ad.sin_family = AF_INET;  
ad.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;  
ad.sin_port = htons((short)0);  
int res = bind(dSock, (struct sockaddr*)&ad, sizeof(ad));
```

## Obtenir le numéro de port alloué

Via une fonction, comme getsockname (...), .



# Désigner une socket distante

## Pourquoi ?

Pour pouvoir initier une communication, un processus doit connaître les coordonnées de son interlocuteur.

## Exemple

```
struct sockaddr_in sockDistant;
sockDistant.sin_family = AF_INET;
sockDistant.sin_addr.s_addr = inet_addr(argv[1]); // exemple
"196.230.150.6"
sockDistant.sin_port = htons( (short) atoi(argv[2])); // exemple "3430"
```

## Et ?

*Sera utile à l'envoi du tout premier message. A ce moment, il faut s'assurer que la socket distante désignée soit nommée.*

# En application

**Programme client**

**Programme serveur**

# En application

## Programme client

créer une socket

## Programme serveur

créer une socket

# En application

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

# En application

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

*Nommer la socket*

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

*Nommer la socket*

# En application

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

*Nommer la socket*

```
bind(dS, ....);
```

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

*Nommer la socket*

```
bind(dS, ....);
```

# En application

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

*Nommer la socket*

```
bind(dS, ....);
```

*désigner la socket du serveur*

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

*Nommer la socket*

```
bind(dS, ....);
```

# En application

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

désigner la socket du serveur

```
struct sockaddr_in sockServ;
```

```
sockServ.sin_family = ...
```

```
sockServ.sin_addr.s_addr = ...
```

```
sockServ.sin_port = ...
```

...

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

...



# En application

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

désigner la socket du serveur

```
struct sockaddr_in sockServ;
```

```
sockServ.sin_family = ...
```

```
sockServ.sin_addr.s_addr = ...
```

```
sockServ.sin_port = ...
```

...

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

...

- Il est possible de ne pas faire le nommage côté client.
- A présent, on peut échanger (envoyer / recevoir) des messages.

# Envoi d'un message

```
ssize_t sendto (int descripteur,           // descripteur de socket  
                const void *msg,           /* pointeur vers le premier octet  
                                           du message à envoyer */  
                size_t lg,                 // le nombre d'octets du message  
                int flags,                 // options d'envoi, 0 par défaut  
                const struct sockaddr *adrDest, /* pointeur vers l'adresse  
                                           de la socket du destinataire */  
                socklen_t lgAdr)           // longueur de l'adresse
```

# Envoi d'un message

```

ssize_t sendto (int descripteur,           // descripteur de socket
                const void *msg,           /* pointeur vers le premier octet
                                           du message à envoyer */

                size_t lg,                 // le nombre d'octets du message
                int flags,                 // options d'envoi, 0 par défaut
                const struct sockaddr *adrDest, /* pointeur vers l'adresse
                                           de la socket du destinataire */

                socklen_t lgAdr)           // longueur de l'adresse

```

## Valeur de retour

*Si l'appel réussit, le nombre d'octets effectivement déposés dans le buffer d'envoi de la socket, -1 sinon (avec errno positionné).*

# Envoi d'un message - suite

## Prérequis

- Une socket correctement créée et le message à envoyer bien construit.
- Connaître l'adresse de la socket du destinataire.
  - *passée en paramètre, saisie, etc.*
  - *autrement : obtenue lors de la réception d'un message (voir plus loin)*

# Envoi d'un message - suite

## Prérequis

- Une socket correctement créée et le message à envoyer bien construit.
- Connaître l'adresse de la socket du destinataire.
  - *passée en paramètre, saisie, etc.*
  - *autrement : obtenue lors de la réception d'un message (voir plus loin)*

## Exemple de suite pour le programme client

```
socklen_t lgAdr = sizeof(struct sockaddr_in);  
char * msg = "tu apprends à envoyer un message" ;  
res = sendto(dS, &msg, strlen(msg)+1, 0, (sockaddr *)&sockServ,  
lgAdr);  
// il sera primordial de contrôler les valeurs de retour de toutes les  
fonctions utilisées.
```

# Réception d'un message

```
ssize_t recvfrom (int descripteur,           // descripteur de socket
                  const void *msg,           /* pointeur vers le premier octet où
                                              sera stocké le message reçu */
                  size_t lg,                 // le nombre max d'octets attendus
                  int flags,                 // options de réception, 0 par défaut
                  const struct sockaddr *adrExp, // pointeur vers l'adresse
                                              // de la socket de l'expéditeur
                  socklen_t * lgAdr)         // pour obtenir la longueur de l'adresse
```

# Réception d'un message

```
ssize_t recvfrom (int descripteur,           // descripteur de socket
                  const void *msg,           /* pointeur vers le premier octet où
                                              sera stocké le message reçu */
                  size_t lg,                 // le nombre max d'octets attendus
                  int flags,                 // options de réception, 0 par défaut
                  const struct sockaddr *adrExp, // pointeur vers l'adresse
                                              //de la socket de l'expéditeur
                  socklen_t * lgAdr)         // pour obtenir la longueur de l'adresse
```

## Valeur de retour

*Si l'appel réussi, le nombre d'octets effectivement extraits depuis le buffer de réception de la socket, -1 sinon (avec errno positionné).*

# Réception d'un message - suite

## Prérequis

- Une socket correctement créée
- *Espace mémoire alloué (statiquement ou dynamiquement) pour stocker le message reçu et l'adresse de l'expéditeur.*



# Réception d'un message - suite

## Prérequis

- Une socket correctement créée
- *Espace mémoire alloué (statiquement ou dynamiquement) pour stocker le message reçu et l'adresse de l'expéditeur.*

## Exemple de suite pour le programme serveur

```
struct sockaddr_in sockClient;  
socklen_t lgAdr;  
char message [200];  
ssize_t res = recvfrom(dS, message, sizeof(message), 0, &sockClient,  
&lgAdr);
```

# Réception d'un message - suite

## Prérequis

- Une socket correctement créée
- *Espace mémoire alloué (statiquement ou dynamiquement) pour stocker le message reçu et l'adresse de l'expéditeur.*

## Exemple de suite pour le programme serveur

```
struct sockaddr_in sockClient;  
socklen_t lgAdr;  
char message [200];  
ssize_t res = recvfrom(dS, message, sizeof(message), 0, &sockClient,  
&lgAdr);
```

## Et que se passe t-il si on avait

```
ssize_t res = recvfrom(dS, message, sizeof(message), 0, NULL, NULL);
```

# A la fin de l'utilisation d'une socket : fermeture

```
int close (int descripteur);  
int shutdown(int descripteur, int comment);  
           // comment : SHUT_WR arrêt émission ou  
           // SHUT_RDWR pour l'émission et la réception
```

## Valeur de retour

0 si la fermeture a réussi, -1 sinon.

# On résume

**Programme client**

**Programme serveur**

# On résume

## Programme client

créer une socket

## Programme serveur

créer une socket

# On résume

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

# On résume

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

*Nommer la socket*

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

*Nommer la socket*

# On résume

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

*Nommer la socket*

```
bind(dS, ....);
```

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

*Nommer la socket*

```
bind(dS, ....);
```



# On résume

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

*Nommer la socket*

```
bind(dS, ....);
```

*désigner la socket du serveur*

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

*Nommer la socket*

```
bind(dS, ....);
```

# On résume

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

désigner la socket du serveur

```
struct sockaddr_in sockServ;
```

...

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

# On résume

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

désigner la socket du serveur

```
struct sockaddr_in sockServ;
```

...

échange de messages

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

échange de messages

# On résume

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

désigner la socket du serveur

```
struct sockaddr_in sockServ;
```

...

échange de messages

```
sendto(dS, ....);
```

```
recvfrom(dS, ....);
```

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

échange de messages

```
recvfrom(dS, ....);
```

```
sendto(dS, ....);
```

# On résume

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

désigner la socket du serveur

```
struct sockaddr_in sockServ;
```

...

échange de messages

```
sendto(dS, ....);
```

```
recvfrom(dS, ....);
```

terminer

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

échange de messages

```
recvfrom(dS, ....);
```

```
sendto(dS, ....);
```

terminer

# On résume

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

désigner la socket du serveur

```
struct sockaddr_in sockServ;
```

...

échange de messages

```
sendto(dS, ....);
```

```
recvfrom(dS, ....);
```

terminer

```
close(dS);
```

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., ..., ...);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

échange de messages

```
recvfrom(dS, ....);
```

```
sendto(dS, ....);
```

terminer

```
close(dS);
```

# Retour sur les propriétés d'une socket

- Domaine d'appartenance (vu)
- Adresse d'une socket (adresse IP et numéro de port) pour la désigner dans le domaine (vu)
- Type d'une socket.
- Protocole de transport d'une socket.

# Types d'une socket (1/3)

Le type d'une socket détermine le **format de transmission de données**, le **mode de connexion** utilisé avec un ou d'autres processus et des **propriétés de transmission** offertes par la couche transport.



# Types d'une socket (1/3)

Le type d'une socket détermine le **format de transmission de données**, le **mode de connexion** utilisé avec un ou d'autres processus et des **propriétés de transmission** offertes par la couche transport.

## Deux formats : datagramme et stream

- **Datagramme (SOCK\_DGRAM)** : un message est expédié en un seul paquet bien délimité et est reçu entièrement en une seule fois (un seul morceau).
- **Stream (SOCK\_STREAM)** : un message est considéré par la couche transport comme un flot continu d'octets. Si l'expéditeur envoie plusieurs messages, le destinataire pourra lire ces messages en une ou plusieurs fois. Les limites des messages ne sont pas préservées par la couche transport.

# Types d'une socket (1/3)

Le type d'une socket détermine le **format de transmission de données**, le **mode de connexion** utilisé avec un ou d'autres processus et des **propriétés de transmission** offertes par la couche transport.

## Deux formats : datagramme et stream

- **Datagramme (SOCK\_DGRAM)** : un message est expédié en un seul paquet bien délimité et est reçu entièrement en une seule fois (un seul morceau).
- **Stream (SOCK\_STREAM)** : un message est considéré par la couche transport comme un flot continu d'octets. Si l'expéditeur envoie plusieurs messages, le destinataire pourra lire ces messages en une ou plusieurs fois. Les limites des messages ne sont pas préservées par la couche transport.

Question : Dans le cas d'une socket SOCK\_STREAM, à qui revient la responsabilité de définir les limites des messages ?

## Types d'une socket (2/3)

Le type d'une socket détermine le format de transmission de données, le **mode de connexion** utilisé avec un ou d'autres processus et des propriétés de transmission offertes par la couche transport.

### Deux modes de communication : connecté et non connecté

- **Non connecté** : A chaque émission, une adresse de destination doit être spécifiée (analogie : communications par courrier postal). La destination d'un message à émettre via une socket en mode non connectée n'est pas nécessairement la même que celle du message suivant. C'est ce que nous avons appliqué précédemment.
- **Connecté** : la transmission de messages est précédée par une phase de connexion avec une autre socket. Une socket en mode connecté est donc utilisée pour communiquer de façon exclusive avec une seule autre socket. Nous parlons de *circuit ou canal virtuel* établi entre les deux sockets (analogie : communications téléphoniques)

# Types d'une socket (3/3)

Le type d'une socket détermine le format de transmission de données, le mode de connexion utilisé avec un ou d'autres processus et des **propriétés de transmission** offertes par la couche transport.

## Propriétés des transmissions

- *Fiabilité : soit un message transmis arrive bien à destination, soit une erreur est retournée à l'application.*
- *Paquets/messages non dupliqués*
- *Remise dans l'ordre des paquets : si des paquets sont reçus dans le désordre, la couche transport prendrait en charge la remise en ordre avant le dépôt d'un message à l'application.*

# Types d'une socket (3/3)

Le type d'une socket détermine le format de transmission de données, le mode de connexion utilisé avec un ou d'autres processus et des **propriétés de transmission** offertes par la couche transport.

## Propriétés des transmissions

- *Fiabilité : soit un message transmis arrive bien à destination, soit une erreur est retournée à l'application.*
- *Paquets/messages non dupliqués*
- *Remise dans l'ordre des paquets : si des paquets sont reçus dans le désordre, la couche transport prendrait en charge la remise en ordre avant le dépôt d'un message à l'application.*

Remarque : la garantie de ces propriétés dépend des protocoles utilisés.

# Protocoles

Par défaut :

- Une socket de type datagramme (SOCK\_DGRAM) utilise le protocole **UDP** (User Datagram Protocol)
- Une socket de type stream (SOCK\_STREAM) utilise le protocole **TCP** (Transmission Control Protocol)

TCP	UDP
fiable	non fiable
ordre garanti	ordre non garanti
duplication impossible	-
mode connecté	mode non connecté

Il existe d'autres protocoles que vous pouvez trouver dans la documentation.

- 1 Introduction
- 2 Présentation des sockets
- 3 Communications en mode non connecté (UDP)**
- 4 Communications en mode connecté (TCP)
- 5 Gestion de plusieurs clients (TCP)

# Principe - mode symétrique, nous l'avons déjà vu

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., SOCK_DGRAM, 0);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

désigner la socket du serveur

```
struct sockaddr_in sockServ;
```

...

échange de messages

```
sendto(dS, ....);
```

```
recvfrom(dS, ....);
```

terminer

```
close(dS);
```

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., SOCK_DGRAM, 0);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

échange de messages

```
recvfrom(dS, ....);
```

```
sendto(dS, ....);
```

terminer

```
close(dS);
```



# Principe - mode asymétrique

## Programme client

créer une socket

```
dS = socket(..., SOCK_DGRAM, 0);
```

désigner la socket du serveur

```
struct sockaddr_in sockServ;
```

...

échange de messages

```
sendto(dS, ....);
```

```
recvfrom(dS, ....);
```

terminer

```
close(dS);
```

## Programme serveur

créer une socket

```
dS = socket(..., SOCK_DGRAM, 0);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

échange de messages

```
recvfrom(dS, ....);
```

```
sendto(dS, ....);
```

terminer

```
close(dS);
```

Remarque : La couche transport a nommé la socket du client (quand ?) et le serveur obtient l'adresse du client à la réception.

# Remarques

- Le principe d'utilisation du protocole UDP a été illustré avec un client et un serveur.
- Ce principe est extensible à plusieurs clients et/ou plusieurs serveurs.
- Avant d'envoyer un message vers une socket distante, veiller à ce que le nommage de cette socket soit déjà fait. Que se passe t-il sinon ?
- *Les envois et réceptions à mettre en place ainsi que leur nombre et le type de messages échangés sont propres à chaque application. Ce cours ne donne que des principes de base et ne parcourt pas toutes les possibilités, donc évitez des réponses : "j'ai fait ainsi car c'est dans le cours!"*
- Quelques fonctions sont bloquantes. Lesquelles ? Il faut donc faire attention aux situations d'interblocage. Donnez un exemple.

# Exemple plus détaillé

## Prog 1 (extrait)

```
dS= socket(PF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
struct sockaddr_in aD;
aD.sin_family = AF_INET;
aD.sin_addr.s_addr = inet_addr(argv[1]);
aD.sin_port = htons(atoi(argv[2]));
socklen_t lgA = sizeof(struct sockaddr_in);
char * m = "Tu apprends à utiliser UDP";
sendto(dS, m, strlen(m), 0, (sockaddr*)aD, lgA);
int r;
recvfrom(dS, &r, sizeof(int), 0, NULL, NULL);
printf("reponse : %d", r);
close (dS);
```

## Prog 2 (extrait)

```
dS= socket(PF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
struct sockaddr_in ad;
ad.sin_family = AF_INET;
ad.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;
ad.sin_port = htons(atoi(argv[1]));
bind(dS, (struct sockaddr*)&ad, sizeof(ad));
struct sockaddr_in aE;
socklen_t lg = sizeof(struct sockaddr_in);
char m [300];
recvfrom(dS, m, sizeof(m), 0, &aE, &lg);
printf("recu : %s", m);
int r = 10;
sendto(dS, &r, sizeof(int), 0, (sockaddr*)aE, lg);
close (dS);
```

Il est essentiel de contrôler les valeurs de retour et de gérer les cas d'erreur (utilisez la fonction perror (...)).

- 1 Introduction
- 2 Présentation des sockets
- 3 Communications en mode non connecté (UDP)
- 4 Communications en mode connecté (TCP)**
- 5 Gestion de plusieurs clients (TCP)

# Principe (illustré avec deux programmes)

**Client**

**Serveur**

# Principe (illustré avec deux programmes)

## Client

Créer une socket

## Serveur

Créer une socket

# Principe (illustré avec deux programmes)

## Client

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

## Serveur

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

# Principe (illustré avec deux programmes)

## Client

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

## Serveur

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

*Nommer la socket*



# Principe (illustré avec deux programmes)

## Client

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

## Serveur

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

# Principe (illustré avec deux programmes)

## Client

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

## Serveur

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

Passer la socket en mode écoute

# Principe (illustré avec deux programmes)

## Client

*Créer une socket*

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

## Serveur

*Créer une socket*

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

*Nommer la socket*

```
bind(dS, ....);
```

*Passer la socket en mode écoute*

```
listen(dS, ....);
```

# Principe (illustré avec deux programmes)

## Client

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

Demander une connexion

## Serveur

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

Passer la socket en mode écoute

```
listen(dS, ....);
```

Accepter une connexion

# Principe (illustré avec deux programmes)

## Client

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

Demander une connexion

```
connect(dS, ...);
```

## Serveur

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

Passer la socket en mode écoute

```
listen(dS, ....);
```

Accepter une connexion

```
dSClient = accept(dS, ...);
```

# Principe (illustré avec deux programmes)

## Client

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

Demander une connexion

```
connect(dS, ...);
```

Communiquer

## Serveur

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

*Nommer la socket*

```
bind(dS, ....);
```

*Passer la socket en mode écoute*

```
listen(dS, ....);
```

Accepter une connexion

```
dSClient = accept(dS, ...);
```

Communiquer

# Principe (illustré avec deux programmes)

## Client

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

Demander une connexion

```
connect(dS, ...);
```

Communiquer

```
send(dS, ...);
```

## Serveur

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

Passer la socket en mode écoute

```
listen(dS, ....);
```

Accepter une connexion

```
dSClient = accept(dS, ...);
```

Communiquer

```
recv(dSClient, ...);
```

# Principe (illustré avec deux programmes)

## Client

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

Demander une connexion

```
connect(dS, ...);
```

Communiquer

```
send(dS, ...);
```

```
recv(dS, ...);
```

...

## Serveur

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

Passer la socket en mode écoute

```
listen(dS, ....);
```

Accepter une connexion

```
dSClient = accept(dS, ...);
```

Communiquer

```
recv(dSClient, ...);
```

```
send(dSClient, ...);
```

...



# Principe (illustré avec deux programmes)

## Client

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

Demander une connexion

```
connect(dS, ...);
```

Communiquer

```
send(dS, ...);
```

```
recv(dS, ...);
```

...

Fermer la Socket

## Serveur

Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

Passer la socket en mode écoute

```
listen(dS, ....);
```

Accepter une connexion

```
dSClient = accept(dS, ...);
```

Communiquer

```
recv(dSClient, ...);
```

```
send(dSClient, ...);
```

...

Fermer les sockets

# Principe (illustré avec deux programmes)

## Client

### Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

### Demander une connexion

```
connect(dS, ...);
```

### Communiquer

```
send(dS, ...);
```

```
recv(dS, ...);
```

...

### Fermer la Socket

```
close(dS);
```

## Serveur

### Créer une socket

```
dS = socket(.., SOCK_STREAM, ..);
```

### Nommer la socket

```
bind(dS, ....);
```

### Passer la socket en mode écoute

```
listen(dS, ....);
```

### Accepter une connexion

```
dSClient = accept(dS, ...);
```

### Communiquer

```
recv(dSClient, ...);
```

```
send(dSClient, ...);
```

...

### Fermer les sockets

```
close(dSClient); close(dS);
```

# Passer une socket en mode écoute

```
int listen(int descripteur, int nbMaxEnAttente)
```

# Passer une socket en mode écoute

```
int listen(int descripteur, int nbMaxEnAttente)
```

## Exemple

```
... // code incluant la création d'une socket (descripteur dS)  
int res = listen(dS, 10);
```

Passer la socket dont le descripteur est dS en écoute de demandes de connexion. 10 est le nombre maximum de demandes de connexion pouvant être mises en attente (fixe une longueur de file d'attente).

# Passer une socket en mode écoute

```
int listen(int descripteur, int nbMaxEnAttente)
```

## Exemple

```
... // code incluant la création d'une socket (descripteur dS)  
int res = listen(dS, 10);
```

Passer la socket dont le descripteur est dS en écoute de demandes de connexion. 10 est le nombre maximum de demandes de connexion pouvant être mises en attente (fixe une longueur de file d'attente).

## Valeur de retour

0 en cas de succès, -1 sinon (avec errno positionné).

# Demande de connexion à un serveur

```
int connect(int descr, const struct sockaddr *adServ, socklen_t lgAdr)
```

# Demande de connexion à un serveur

```
int connect(int descr, const struct sockaddr *adServ, socklen_t lgAdr)
```

## Exemple

```
... // code incluant la création d'une socket (descripteur dS)
struct sockaddr_in adServ; adServ.sin_family = AF_INET;
adServ.sin_addr.s_addr = inet_addr(argv[1]); // exemple "196.230.150.6"
adServ.sin_port = htons( (short) atoi(argv[2])); // exemple "3430"
socklen_t lgA = sizeof(struct sockaddr_in);
res = connect(dS, (struct sockaddr *) &adServ, lgA);
```

Envoie une demande de connexion de la socket du client dS vers la socket d'un serveur. L'IP et le numéro de port de la socket du serveur sont passés en paramètres.

# Demande de connexion à un serveur

```
int connect(int descr, const struct sockaddr *adServ, socklen_t lgAdr)
```

## Exemple

```
... // code incluant la création d'une socket (descripteur dS)
struct sockaddr_in adServ; adServ.sin_family = AF_INET;
adServ.sin_addr.s_addr = inet_addr(argv[1]); // exemple "196.230.150.6"
adServ.sin_port = htons( (short) atoi(argv[2])); // exemple "3430"
socklen_t lgA = sizeof(struct sockaddr_in);
res = connect(dS, (struct sockaddr *) &adServ, lgA);
```

Envoie une demande de connexion de la socket du client dS vers la socket d'un serveur. L'IP et le numéro de port de la socket du serveur sont passés en paramètres.

## Valeur de retour

0 en cas de succès, -1 sinon (avec errno positionné).



# Accepter une demande de connexion d'un client

```
int accept(int descr,          /* descripteur de la socket recevant des  
                                demandes de connexion */  
    struct sockaddr *adrClient, // pointeur vers l'adresse de la socket du client  
    socklen_t lgAdr)           // pointeur vers longueur de l'adresse
```

# Accepter une demande de connexion d'un client

```
int accept(int descr,          /* descripteur de la socket recevant des
                                demandes de connexion */
            struct sockaddr *adrClient, // pointeur vers l'adresse de la socket du client
            socklen_t lgAdr)           // pointeur vers longueur de l'adresse
```

## Exemple

```
... // code incluant la création d'une socket (descripteur dS)
int res = listen(dS, 10);
struct sockaddr_in adClient; socklen_t lgA = sizeof(struct sockaddr_in);
int dSClient = accept(dS, (struct sockaddr *) &adClient, &lgA);
```

Extrait une demande de connexion de la socket dS et la traite. En cas de succès, une nouvelle socket (descripteur dSClient) est créée et connectée à la socket du client demandeur et dont l'adresse est stockée dans adClient

# Accepter une demande de connexion d'un client

```
int accept(int descr,          /* descripteur de la socket recevant des
                                demandes de connexion */
            struct sockaddr *adrClient, // pointeur vers l'adresse de la socket du client
            socklen_t lgAdr)           // pointeur vers longueur de l'adresse
```

## Exemple

```
... // code incluant la création d'une socket (descripteur dS)
int res = listen(dS, 10);
struct sockaddr_in adClient; socklen_t lgA = sizeof(struct sockaddr_in);
int dSClient = accept(dS, (struct sockaddr *) &adClient, &lgA);
```

Extrait une demande de connexion de la socket dS et la traite. En cas de succès, une nouvelle socket (descripteur dSClient) est créée et connectée à la socket du client demandeur et dont l'adresse est stockée dans adClient

## Valeur de retour

Si demande acceptée, le descripteur ( $> 0$ ) de la socket créée, -1 sinon (avec errno positionné).

# Réception d'un message

```
ssize_t recv (int descripteur, // descripteur de socket  
              const void *msg,  /* pointeur vers le premier octet où  
                                sera stocké le message reçu */  
              size_t lg,        // le nombre max d'octets attendus  
              int flags)        // options de réception, 0 par défaut
```

# Réception d'un message

```

ssize_t recv (int descripteur, // descripteur de socket
               const void *msg,  /* pointeur vers le premier octet où
                                sera stocké le message reçu */
               size_t lg,        // le nombre max d'octets attendus
               int flags)        // options de réception, 0 par défaut

```

## Valeur de retour

*Si l'appel réussit, le nombre d'octets effectivement extraits ( $> 0$  et  $\leq lg$ ), 0 si la socket a été fermée, -1 sinon (avec errno positionné).*

# Réception d'un message

```

ssize_t recv (int descripteur, // descripteur de socket
               const void *msg,  /* pointeur vers le premier octet où
                                sera stocké le message reçu */
               size_t lg,        // le nombre max d'octets attendus
               int flags)        // options de réception, 0 par défaut

```

## Valeur de retour

*Si l'appel réussit, le nombre d'octets effectivement extraits ( $> 0$  et  $\leq lg$ ), 0 si la socket a été fermée, -1 sinon (avec errno positionné).*

## Note

Cette fonction est bloquante. Dans quel cas ?

# Réception d'un message - exemple

## Prérequis

- Une socket correctement créée et connectée à une socket distante.
- *Espace mémoire alloué (statiquement ou dynamiquement) pour stocker le message reçu.*

# Réception d'un message - exemple

## Prérequis

- Une socket correctement créée et connectée à une socket distante.
- *Espace mémoire alloué (statiquement ou dynamiquement) pour stocker le message reçu.*

## Que fait le code suivant ?

```
... // code incluant la création d'une socket dS et sa connexion  
int message [500] ;  
ssize_t res = recv(dS, message, sizeof(message), 0) ;
```



# Réception d'un message - exemple

## Prérequis

- Une socket correctement créée et connectée à une socket distante.
- *Espace mémoire alloué (statiquement ou dynamiquement) pour stocker le message reçu.*

## Que fait le code suivant ?

```
... // code incluant la création d'une socket dS et sa connexion  
int message [500] ;  
ssize_t res = recv(dS, message, sizeof(message), 0) ;
```

## Questions :

- Que signifie le commentaire "création d'une socket dS et sa connexion" coté client ?
- et coté serveur ?

# Envoi d'un message

```
ssize_t send (int descripteur, // descripteur de socket  
              const void *msg,  /* pointeur vers le premier octet  
                                du message à envoyer */  
              size_t lg,        // le nombre d'octets du message  
              int flags)        // options d'envoi, 0 par défaut
```

# Envoi d'un message

```

ssize_t send (int descripteur,    // descripteur de socket
               const void *msg,    // * pointeur vers le premier octet
                                   // du message à envoyer */
               size_t lg,          // le nombre d'octets du message
               int flags)          // options d'envoi, 0 par défaut

```

## Valeur de retour

*Si l'appel réussi, le nombre d'octets ( $> 0$  et  $\leq lg$ ) effectivement déposés dans le buffer associé à la socket, 0 si la socket a été fermée, -1 sinon (avec errno positionné).*

# Envoi d'un message

```

ssize_t send (int descripteur, // descripteur de socket
              const void *msg,  /* pointeur vers le premier octet
                                du message à envoyer */
              size_t lg,        // le nombre d'octets du message
              int flags)        // options d'envoi, 0 par défaut

```

## Valeur de retour

*Si l'appel réussit, le nombre d'octets ( $> 0$  et  $\leq lg$ ) effectivement déposés dans le buffer associé à la socket, 0 si la socket a été fermée, -1 sinon (avec `errno` positionné).*

## Note

Cette fonction est bloquante. Dans quel cas ?

# Envoi d'un message - exemple

## Prérequis

- Une socket correctement créée et connectée **ou en attente de connexion.**
- Le message à envoyer correctement construit.

# Envoi d'un message - exemple

## Prérequis

- Une socket correctement créée et connectée **ou en attente de connexion**.
- Le message à envoyer correctement construit.

## Que fait le code suivant ?

```
... // code incluant la création d'une socket dS et sa connexion
int message [500] ;
saisiValsTab(message, 500); // saisie des éléments du tableau
ssize_t res = send(dS, message, sizeof(message), 0);
```

# Envoi d'un message - exemple

## Prérequis

- Une socket correctement créée et connectée **ou en attente de connexion.**
- Le message à envoyer correctement construit.

## Que fait le code suivant ?

```
... // code incluant la création d'une socket dS et sa connexion
int message [500] ;
saisiValsTab(message, 500) ; // saisie des éléments du tableau
ssize_t res = send(dS, message, sizeof(message), 0) ;
```

## Question

Si la valeur de retour *res* est 1024, que s'est-il produit ? Que doit on faire pour que les 500 entiers soient envoyés ?

# On reprend tout : exemple

## Client (extrait)

```
dS= socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0);
struct sockaddr_in aS;
aS.sin_family = AF_INET;
inet_pton(AF_INET,argv[1],&(aS.sin_addr));
aS.sin_port = htons(atoi(argv[2]));
socklen_t lgA = sizeof(struct sockaddr_in);
connect(dS, (struct sockaddr *) &aS, lgA);
```

```
char * m = "Bonjour";
send(dS, m, 8, 0);
int r;
recv(dS, &r, sizeof(int), 0);
printf("reponse : %d", r);
close (dS);
```

## Serveur (extrait)

```
dS= socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0);
struct sockaddr_in ad;
ad.sin_family = AF_INET;
ad.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;
ad.sin_port = htons(atoi(argv[1]));
bind(dS, (struct sockaddr*)&ad, sizeof(ad));
listen(dS, 7);
struct sockaddr_in aC;
socklen_t lg = sizeof(struct sockaddr_in);
dSC= accept(dS, (struct sockaddr*) &aC,&lg);
char msg [20];
recv(dSC, msg, sizeof(msg), 0);
printf("recu : %s", msg);
int r = 10;
send(dSC, &r, sizeof(int), 0);
close (dSC); close (dS);
```

+ gestion des retours de fonctions !



# Pour finir

- Un message en TCP est vu comme *un flux d'octets et peut être reçu et envoyé en une ou plusieurs fois.*
  - si un appel à *send(...)* ou *recv(...)* retourne un nombre d'octets inférieur au nombre attendu, il ne s'agit pas d'une erreur ! Ce cas est à prendre en compte à chaque utilisation de ces fonctions.
- Il n'est pas nécessaire d'être en réception pour recevoir un message.
- En TCP, il est aussi possible d'utiliser les fonctions *read(...)* et *write(...)* pour recevoir et envoyer des messages, ainsi que *sendto(...)*, *recvfrom(...)*.
- Les appels des fonctions : *connect(...)*, *accept(...)*, *send(...)*, *recv(...)*, *read(...)*, *write(...)*, *sendto(...)* et *recvfrom(...)* peuvent être *bloquants* .

- 1 Introduction
- 2 Présentation des sockets
- 3 Communications en mode non connecté (UDP)
- 4 Communications en mode connecté (TCP)
- 5 Gestion de plusieurs clients (TCP)**

# Introduction

- Les sections précédentes ont illustré l'utilisation des protocoles TCP dans le cas d'un seul client.
- Question actuelle : comment prendre en compte plusieurs clients ?
- Deux types de serveurs :
  - itératif : *traite un client à la fois et l'un(e) après l'autre. Il y a aussi la possibilité de traiter plusieurs clients en même temps mais une requête après l'autre via le multiplexage des entrées/sorties*
  - concurrent : *traite plusieurs clients (TCP) requêtes en parallèle (simultanément).*

# Serveur itératif - TCP


## Client 1

 **adr1**  
 socket  
 connect 'adrS'  
 send  
 recv  
 ...  
 close 'adr1'

## Client 2

 **adr2**  
 socket  
 connect 'adrS'  
 while (...){  
   send  
   recv  
 ...  
 }  
 close 'adr2'

## Serveur

 **adrS**  
 socket  
 bind 'adrS'  
 listen 'adrS'  
**while(1){**  
   accept  
   recv 'adrC'  
   ...  
   send 'adrC'  
   close 'adrC'  
**}**  
 close 'adrS'

## Note

Fermer la socket dédiée à un client à la fin du traitement de ce dernier.

# Serveur concurrent multiprocessus - TCP

## Client 1

 **adr1**  
 socket  
 connect 'adrS'  
 send  
 recv  
 ...  
 close 'adr1'

## Client 2


 **adr2**  
 socket  
 connect 'adrS'  
 while (...){  
   send  
   recv  
 ...  
 }  
 close 'adr2'

## Serveur

 **adrS**  
 socket  
 bind 'adrS'  
 listen 'adrS'  
**while(1){**  
 accept  
 fork

 close 'adrC'  
 }  
 close 'adrS'

## fils

 **adrC**  
 close adrS  
 recv 'adrC'  
 ...  
 send 'adrC'  
 close adrC

## Note

Déléguer le traitement d'un client à un thread est aussi une solution.