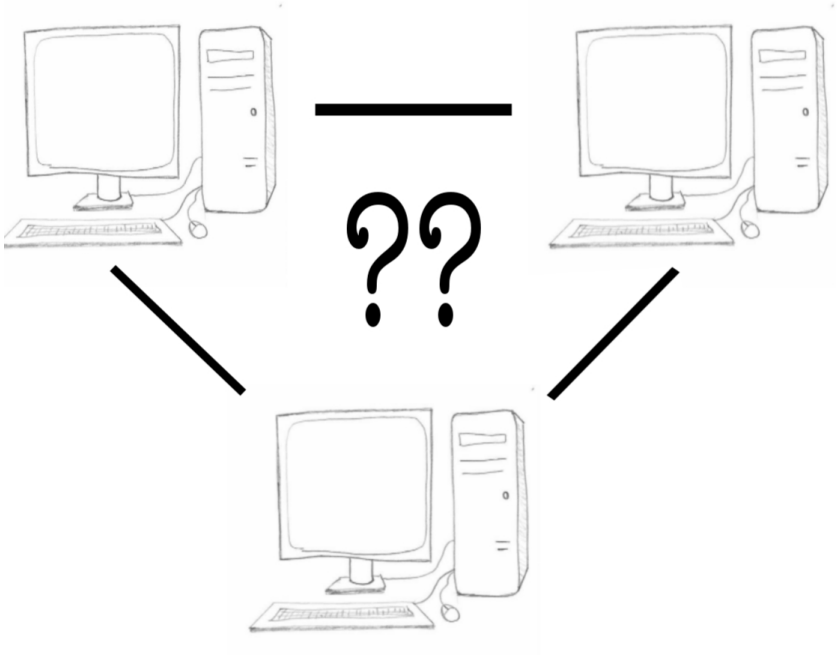
PROGRAMMATION RÉSEAU

Arnaud Sangnier
sangnier@irif.fr

API TCP C



Différence flux et paquet

- Dans la communication **par flux** (comme **TCP**)
  - Les informations sont reçues dans l'ordre de leur émission
  - Il n'y a pas de perte
  - Inconvénient :
    - Établissement d'une connexion
    - Nécessité de ressources supplémentaire pour la gestion
- Dans la communication **par paquet** (comme **UDP**)
  - Pas d'ordre dans la délivrance des paquets
    - Un paquet posté en premier peut arrivé en dernier
  - Pas de fiabilité
    - Un paquet envoyé peut être perdu

Communication avec un service

- Un service tourne sur une **machine** et écoute sur un **port**
- Il existe au moins deux grands mode de communication

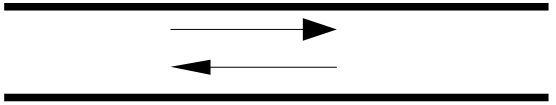
1) Par **flux** (*stream*)
    - Dans ce mode, on est connecté
    - On se connecte, on échange des messages et on se déconnecte
    - Pensez au téléphone !
    - Exemple : **TCP** (Transmission Control Protocol) **RFC 793**
2) Par **paquet** (*datagram*)
    - Dans ce mode, pas de connexion
    - On envoie des messages, peu importe si quelqu'un les reçoit
    - Pensez à la poste !
    - Exemple : **UDP** (User Datagram Protocol) **RFC 768**

Remarques

- Quand on communique avec un service, il faut connaître le mode de communication (TCP ou UDP dans notre cas)
- **telnet** sert à communiquer par **TCP**
- L'outil **netcat** (**nc**) permet lui de communiquer en **UDP** et TCP
- On verra plus tard comment utiliser **netcat**
- Pour certains services, il existe à la fois un mode **TCP** et un mode **UDP**
  - Allez voir le fichier **/etc/services**
  - On peut voir ces services comme deux services différents
  - Il se peut qu'un service disposant des deux modes soit actif en mode **TCP** et pas en mode **UDP**

Comment voir TCP

TCP -> communication avec flux, i.e. communication en mode connecté



Client

Serveur

Aujourd'hui

- Comment communiquer en **C** en TCP
  - Comment se connecter à un service (présent sur une **machine** et écoutant sur un **port**)
  - Comment lire les messages envoyés par ce service
  - Comment envoyer des messages à ce service
  - En d'autres termes, comment créer un **client TCP**
- Comment créer un service qui écoute sur un port donné de la machine où l'on se trouve
  - En d'autres termes, comment créer un **serveur TCP**

Les adresses internet en C

- **Rappel** : aujourd'hui les adresses internet peuvent être de deux types
  - les adresses **IPv4** sur 4 octets (donc 32 bits)
    - par exemple : **173.194.66.106**
  - les adresses **IPv6** sur 16 octets (donc 128 bits) ; 8 groupes de 2 octets
    - par exemple : **2a00:1450:400c:c02:0:0:0:93**
- Types des variables stockant les adresses IPv4 :
  - **struct in_addr** ou **in_addr_t**
- Types des variables stockant les adresses IPv6 :
  - **struct in6_addr**
- Il n'est pas nécessaire de connaître la structure interne de ces types (i.e. aucune raison d'avoir à manipuler l'intérieur de la structure soi-même)
- Le fichier à inclure pour manipuler ces types :
  - **#include <netinet/in.h>**

Manipulation des structures d'adresse

- Différentes fonctions permettent de manipuler les structures précédentes
- En particulier pour les traduire vers une chaîne de caractères et vice-versa
- Inclure le fichier **<arpa/inet.h>**
  - **char * inet_ntoa(struct in_addr)**
    - Traduit une adresse IPv4 en chaîne caractères
  - **int inet_aton(const char *,struct in_addr *)**
    - Met l'adresse donnée par la chaîne de caractères dans le deuxième argument
    - Renvoie 0 si l'adresse n'est pas valide
    - **Penser à tester les erreurs en C**
  - **in_addr_t inet_addr(const char*)**
    - Similaire à inet_aton

Exemple

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

int main() {
  struct in_addr address;
  char *string_address;
  inet_aton("127.0.0.1",&address);
  string_address=inet_ntoa(address);
  printf("L'adresse vaut : %s\n",string_address);
  return 0;
}
```

Manipulation des structures d'adresse

- Pour les adresses IPv6,il existe des fonctions génériques :
  - **const char *inet_ntop(int af, const void *src, char * chaine, socklent_t size)**
  - **int inet_pton(int af, char * chaine, void *dest)**
- « presentation to network » and « network to presentation »
- L'entier **af** représente la famille protocolaire (**AF_INET** ou **AF_INET6**)
- **src** et **dst** sont des pointeurs vers des adresses internet conformes à la valeur de **af**
- **socklent_t** est la taille maximale que l'on peut mettre dans chaine
  - Valeur utiles **INET_ADDRSTRLEN** et **INET6_ADDRSTRLEN**
- **ATTENTION :** Ces fonctions ne font PAS appel à l'annuaire. Elles ne font que des transformations entre représentations !!!!

Exemple

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <sys/socket.h>

int main() {
  struct in_addr address;
  char *string_address=
       (char *)malloc(sizeof(char)*INET_ADDRSTRLEN);
  inet_pton(AF_INET,"127.0.0.1",&address);
  inet_ntop(AF_INET,&address,string_address,
            INET_ADDRSTRLEN);
  return 0;
}
```

Exemple

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <sys/socket.h>

int main() {
  struct in6_addr address;
  char*string_address=(char*)malloc(
            sizeof(char)*INET6_ADDRSTRLEN);
  inet_pton(AF_INET6,
     "2a00:1450:400c:c02:0:0:0:93",&address);
  inet_ntop(AF_INET6,&address,string_address,
          INET6_ADDRSTRLEN);
  return 0;
}
```

Les sockets en C

- **Une socket est un point de communication**
- Une socket est caractérisée par :
  - une adresse Internet
  - un numéro de port
  - un type de communication (UDP ou TCP) - bien entendu le type de communication est le même aux deux extrémités de la socket
- En C, une socket est représentée par le type **sockaddr**

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

Les sockets en C (2)

- Le champ **sa_family** permet de spécifier le type de la socket (et donc la structure implémentant **sockaddr**). On a les constantes suivantes :
  - **AF_LOCAL** ou **AF_UNIX** pour une socket « locale »
  - **AF_INET** pour une socket IPv4
  - **AF_INET6** pour une socket IPv6
- Nous ne nous intéresserons qu'aux sockets du domaine Internet (AF_INET ou AF_INET6)
- En fait **struct sockaddr** est une structure générale qui est implémentée par des structures plus spécifiques (en particulier le tableau **char sa_data**)

Structures des adresse de sockets

- Type pour les sockets IPv4

```
#include <netinet/in.h>
struct sockaddr_in {
  short          sin_family;   // famille de socket  (ex :  AF_INET)
   unsigned short   sin_port;     // numéro de port : htons(3490)
   struct in_addr   sin_addr;     // adresse internet IPv4
   char           sin_zero[8];  // souvent rempli avec des zéros
};
```

Structures des adresses de sockets

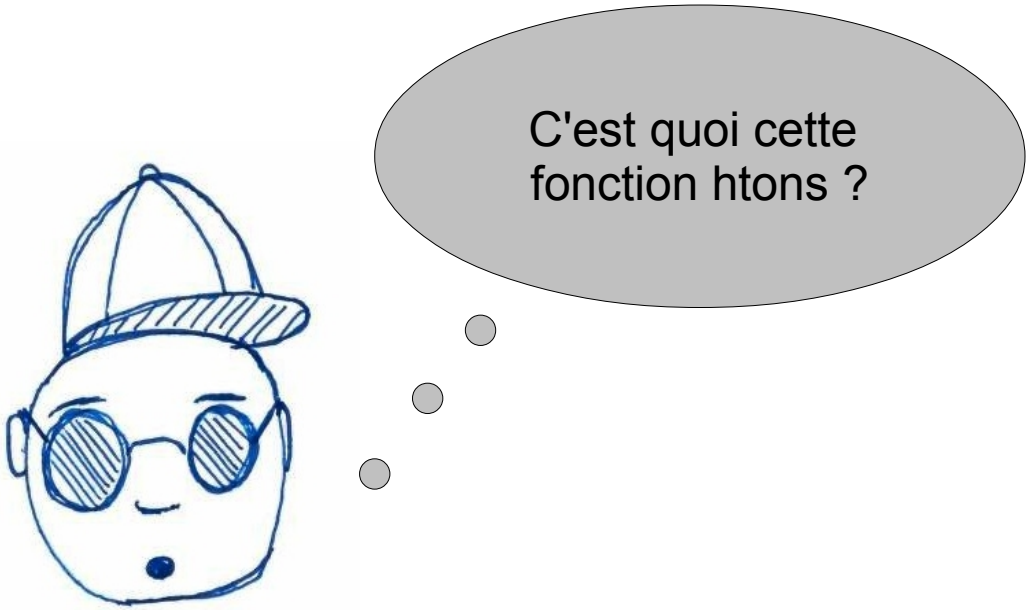
- Type pour les sockets IPv6

```
struct sockaddr_in6 {
   u_int16_t      sin6_family;   //  famille de socket AF_INET6
   u_int16_t      sin6_port;     // numéro de port
   u_int32_t      sin6_flowinfo;
   struct in6_addr sin6_addr;     // adresse IPv6
   u_int32_t      sin6_scope_id;
};
```

Création d'adresses de socket

```
struct sockaddr_in adress_sock;

adress_sock.sin_family = AF_INET;
adress_sock.sin_port = htons(3490);
inet_aton("10.0.0.1",&adress_sock.sin_addr);
```

Codage des entiers ?



- La représentation des nombres peut être variée, or comme on communique entre machines, il est nécessaire de se mettre d'accord
- Deux grands types de codage des entiers :
  - **petit-boutiste** ou **petit-boutien** (**little-endian**)
  - **grand-boutiste** ou **grand-boutien** (**big-endian**)

Codage des entiers

- Le codage d'un entier n en base b s'écrit de la façon suivante :
  - $n = \Sigma\ c_i\ b^i$
- Comme les entiers utilisent des octets on peut considérer la base b comme valant 256 (c'est à dire 2^8)
- Pour un entier de 32 bits, il faut donc 4 octets et un entier n s'écrit de la façon suivante :

$$n=c3 \times 256^3 + c2 \times 256^2 + c1 \times 256 + c0$$

- En pratique on stocke dans un tableau de 4 octets les chiffres c3,c1,c2 et c0
- Ce qui change c'est l'ordre dans lesquels sont stockés dans le tableau ces 4 valeurs

Little-endian vs Big-endian

- Stockage de $n=c3 \times 256^3 + c2 \times 256^2 + c1 \times 256 + c0$
- En **big-endian**

0	1	2	3
c3	c2	c1	c0

- En **lillte-endian**

0	1	2	3
c0	c1	c2	c3

- **IMPORTANT :** C'est l'ordre des entiers qui changent pas l'ordre des bits dans un entier

Passer d'une machine au réseau

- Sur une machine, l'entier peut-être codé en big-endian ou little-endian (dépend du système)
- Sur le réseau, pour le protocole IP les entiers sont codés en Network Big Order (NBO) qui correspond au **big-endian**
- Il faut donc convertir les représentations des entiers

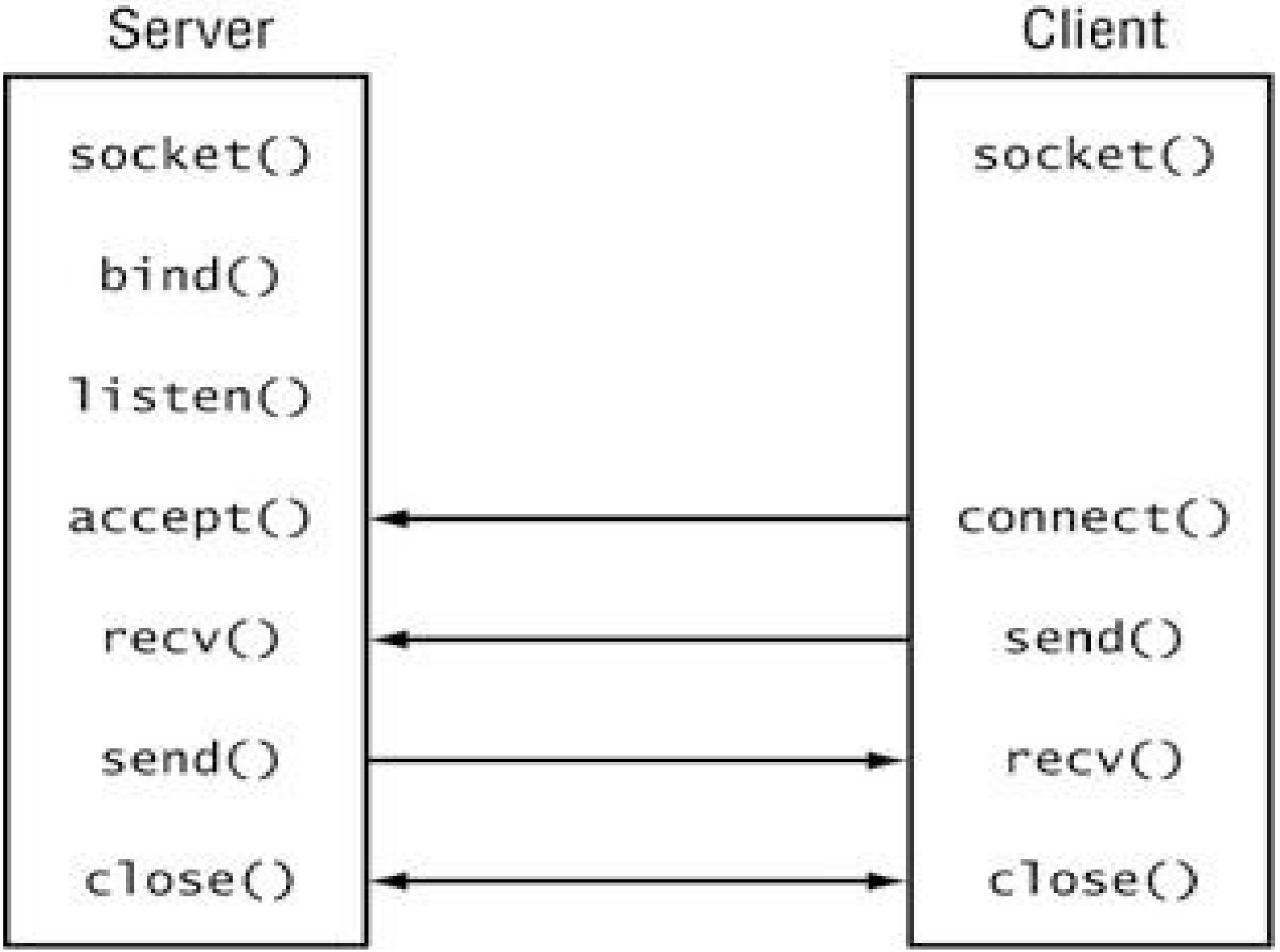
```
#include <arpa/inet.h>

uint32_t htonl(uint32_t hostlong);

uint16_t htons(uint16_t hostshort);

 uint32_t ntohl(uint32_t netlong);

uint16_t ntohs(uint16_t netshort);
```

- **h** vaut pour host et **n** pour network

Passer d'une machine au réseau

- Ainsi pour passer le port numéro 3490 sur notre machine et le mettre dans la bonne représentation pour le réseau on fait :
  - **htons(3490)**
  - *host to network short* (short car le port est un entier short)
- **Nota Bene :**
  - En C il faut faire attention de bien faire les conversions pour toutes les données utilisées
  - Si votre machine est en big-endian, la conversion ne fait rien
  - Mais si vous testez le même programme sans conversion sur une autre machine, il pourrait y avoir des problèmes !!!

Schéma Client-Serveur en C



Création d'une socket

- La création d'une socket se fait grâce à :
  - **#include <sys/socket.h >**

    int socket(int domaine, int type, int protocol)
- Pour nous :
  - **domaine** vaudra **PF_INET** (pour IPv4) ou **PF_INET6** (pour IPv6)
  - **type** vaudra **SOCK_STREAM** (pour les sockets TCP)
  - **protocol** spécifie le procole de communication (mais pour TCP, on peut mettre 0 et le protcole est chosi de façon automatique)
- L'entier renvoyé sera le descripteur utilisé pour comuniquer

Accès à une machine

int socket(int domaine, int type, int protocol)

- Et oui !!! On va le préciser après

Côté client

- Il faut demander l'établissement d'une connexion à l'aide de la fonction suivante :

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

- On connecte la socket correspondante
- Pour rappel dans les objets de type struct sockaddr_in, on met une adresse et un port
- Pour le dernier argument, si on est en IPv4 et que adresse est de type **struct sockaddr_in**, on pourra mettre **sizeof(struct sockaddr_in)**
- Quand on a fini la communication, on peut fermer le descripteur de socket avec la commande
  - **int close(int fildes);**

Pour communiquer

- On va envoyer et recevoir des caractères sur le descripteur de socket
- Pour recevoir on va utiliser
- **int recv(int sockfd, void *buf, int len, int flags);**
  - Remplit le buffer **buf**
  - **len** est la taille maximale de **buf**
  - **flags** sera la plupart du temps mis à **0**
  - renvoie le nombre de données reçu (-1 si erreur et 0 si la connexion est fermée)
- Pour envoyer on va utiliser
- **int send(int sockfd, const void *msg, int len, int flags);**
  - Même principe que recv len est la taille en octet de msg
  - flags est aussi mis à 0 ici.
- On pourrait aussi utiliser **read** et **write**

Exemple

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <unistd.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <sys/socket.h>

int main() {
  struct sockaddr_in adress_sock;
  adress_sock.sin_family = AF_INET;
  adress_sock.sin_port = htons(4242);
  inet_aton("127.0.0.1",&adress_sock.sin_addr);

  int descr=socket(PF_INET,SOCK_STREAM,0);
  int r=connect(descr,(struct sockaddr *)&adress_sock,
                sizeof(struct sockaddr_in));
  if(r!=-1){
    char buff[100];
    int size_rec=recv(descr,buff,99*sizeof(char),0);
    buff[size_rec]='\0';
    printf("Caracteres recus : %d\n",size_rec);
    printf("Message : %s\n",buff);
    char *mess="SALUT!\n";
    send(descr,mess,strlen(mess),0);
    close(descr);
  }
  return 0;
}
```

Tester le client précédent

- telnet est permet de simuler un client, on peut aussi utiliser un autre outil : netcat
- **netcat lulu 7** est équivalent à **telnet lulu 7**
- Mais netcat peut aussi simuler un serveur
- Si on fait **netcat -l 4242** , on a un serveur tcp qui attend une connexion sur le port 4242 et tout ce qui est tapé ensuite et envoyé au client
- Du coup vous pouvez tester le client précédent sur votre machine en lançant d'abord un terminal avec **netcat -l 4242** et dans un autre terminal vous lancez le client

Pour communiquer (2)

- On va envoyer et recevoir des caractères sur le descripteur de socket
- Pour recevoir on va utiliser
- **ssize_t read(int filedes, void *buf, size_t nbyte);**
  - Remplit le buffer **buf**
  - **nbyte** est la taille maximale de **buf**
  - renvoie le nombre de données reçu (-1 si erreur et 0 si la connexion est fermée)
- Pour envoyer on va utiliser
- **ssize_t write(int filedes, void *buf, size_t nbyte);**
  - Même principe que read **nbyte** est la taille en octet de buf

Exemple

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <unistd.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <sys/socket.h>

int main() {
  struct sockaddr_in adress_sock;
  adress_sock.sin_family = AF_INET;
  adress_sock.sin_port = htons(4242);
  inet_aton("127.0.0.1",&adress_sock.sin_addr);

  int descr=socket(PF_INET,SOCK_STREAM,0);
  int r=connect(descr,(struct sockaddr *)&adress_sock,
                sizeof(struct sockaddr_in));
  if(r!=-1){
    char buff[100];
    int size_rec=read(descr,buff,99*sizeof(char));
    buff[size_rec]='\0';
    printf("Caracteres recus : %d\n",size_rec);
    printf("Message : %s\n",buff);
    char *mess="SALUT!\n";
    write(descr,mess,strlen(mess));
    close(descr);
  }
  return 0;
}
```