Réseaux IP : IHM

Licence Informatique 3ème année

Sockets TCP/UDP et leur mise en œuvre en Java

Eric Cariou

Université de Bretagne Occidentale
UFR Sciences & Techniques – Département Informatique

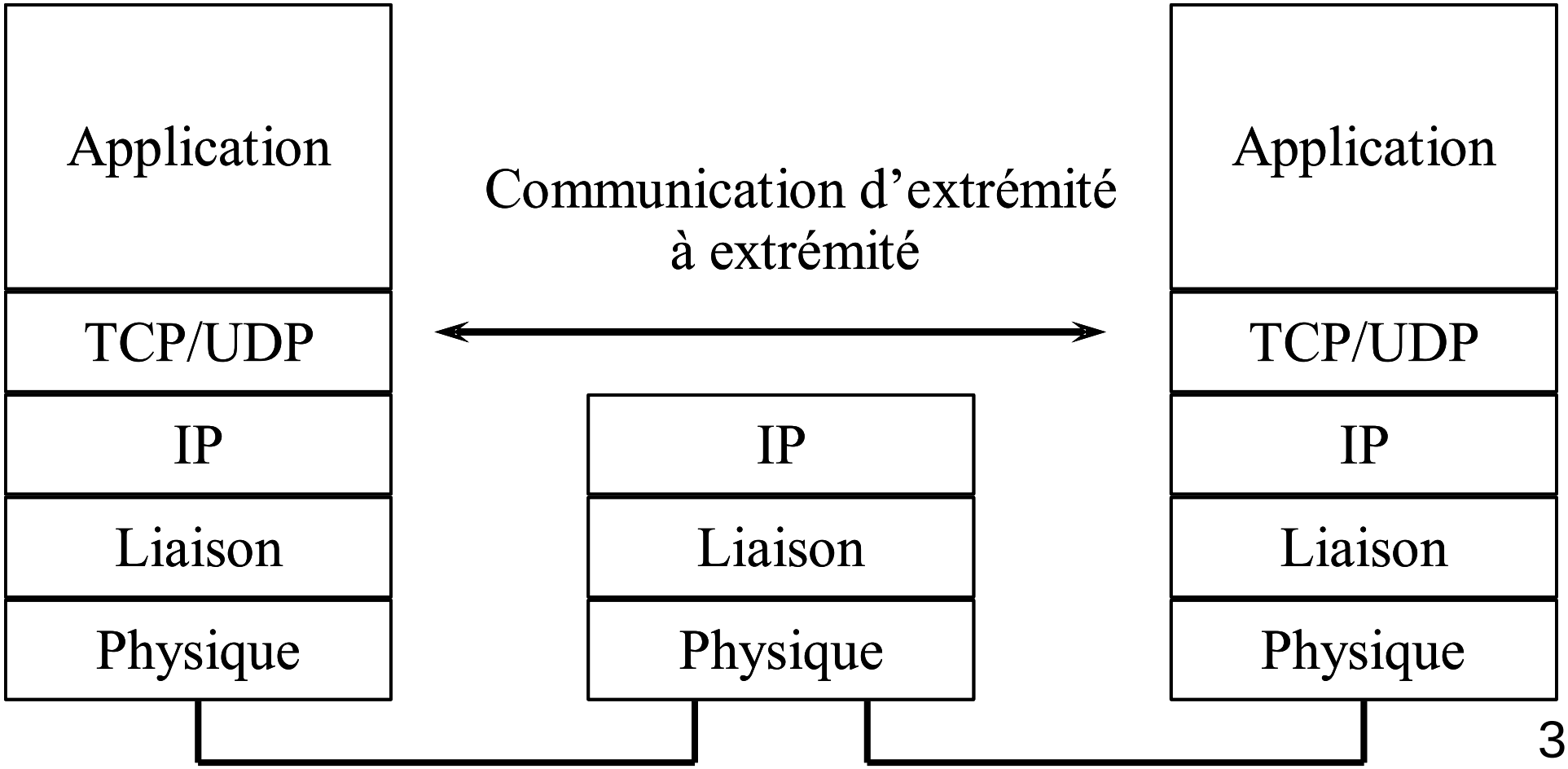
Eric.Cariou@univ-brest.fr

Plan

1. Présentation générale des sockets
2. Sockets UDP
3. Sockets TCP
4. Multicast UDP/IP

Rappel sur les réseaux

- TCP ou UDP
  - Communication entre systèmes aux extrémités
  - Pas de visibilité des systèmes intermédiaires



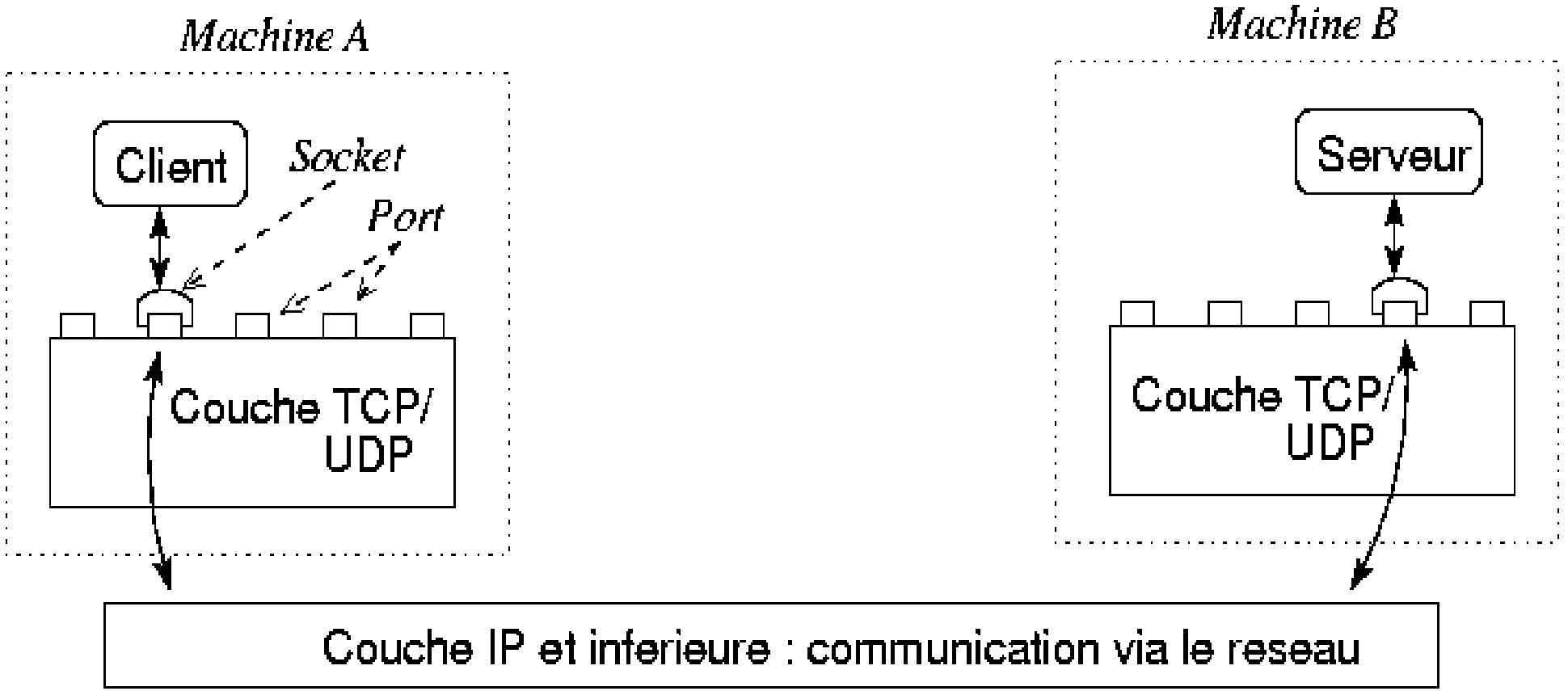
Adressage

- Adressage pour communication entre applications
  - Adresse « réseau » application = couple de 2 informations
    - Adresse IP : identifiant de la machine sur laquelle tourne l'appli
    - Numéro de port : identifiant local réseau de l'application
  - Couche réseau : adresse IP
    - Ex : 192.129.12.34
  - Couche transport : numéro de port TCP ou UDP
    - Ce numéro est en entier d'une valeur quelconque
      - Ports < 1024 : réservés pour les applications ou protocoles systèmes
      - Exemple : 80 = HTTP, 21 = FTP, ...
    - Sur un port : réception ou envoi de données
  - Adresse notée : *@IP:port* ou *nomMachine:port*
    - 192.129.12.34:80 : accès au serveur Web tournant sur la machine d'adresse IP 192.129.12.34

Sockets

- Socket : prise
  - Associée, liée localement à un port
    - C'est un point d'accès aux couches réseaux
  - Services d'émission et de réception de données sur la socket via le port
  - En mode connecté (TCP)
    - Connexion = tuyau entre 2 applications distantes
    - Une socket est un des deux bouts du tuyau
    - Chaque application a une socket locale pour gérer la communication à distance
  - Une socket peut-être liée
    - Sur un port précis à la demande du programme
    - Sur un port quelconque libre déterminé par le système
    - Par défaut, on ne peut lier qu'une socket par port

Sockets



- Une socket est
  - Un point d'accès aux couches réseau TCP/UDP
  - Liée localement à un port
    - Adressage de l'application sur le réseau : son couple @IP:port
- Elle permet la communication avec un port distant sur une machine distante : c'est-à-dire avec une application distante

Client/serveur avec sockets

- Il y a toujours différenciation entre une partie client et une partie serveur
  - Deux rôles distincts au niveau de la communication via TCP/UDP
  - Mais possibilité que les éléments communiquant jouent un autre rôle ou les 2 en même temps
- Différenciation pour plusieurs raisons
  - Identification : on doit connaître précisément la localisation d'un des 2 éléments communicants
    - Le coté serveur communique via une socket liée à un port précis : port d'écoute
    - L'adresse du serveur (@IP et port) est connue du client
  - Dissymétrie de la communication/connexion
    - Le client initie la connexion ou la communication

Sockets UDP

Sockets UDP : principe

- Mode datagramme
  - Envois de paquets de données (datagrammes)
  - Pas de connexion entre parties client et serveur
  - Pas de fiabilité ou de gestion de la communication
    - Un paquet peut ne pas arriver en étant perdu par le réseau et sans que l'émetteur en soit informé
    - Un paquet P2 envoyé après un paquet P1 peut arriver avant ce paquet P1 (selon la gestion des routes dans le réseau)
    - Un paquet envoyé à un destinataire non prêt à en recevoir (pas de socket sur le port) est détruit sans en informer l'émetteur
- Caractéristiques des primitives de communication
  - Émission de paquets est non bloquante
  - Réception de paquets est bloquante (sauf s'il y avait des paquets non lus)

Sockets UDP : principe

- Principe de communication
  - La partie serveur crée une socket et la lie à un port UDP particulier
  - La partie client crée une socket pour accéder à la couche UDP et la lie sur un port quelconque
  - Le serveur se met en attente de réception de paquet sur sa socket
  - Le client envoie un paquet via sa socket en précisant l'adresse du destinataire : couple @IP/port de la partie serveur
    - @IP de la machine sur laquelle tourne la partie serveur et numéro de port sur lequel est liée la socket de la partie serveur
  - Il est reçu par le serveur (sauf si problème réseau)
  - L'adresse du client (@IP et port) est précisée dans le paquet, le serveur peut alors lui répondre

Sockets UDP en Java

Sockets UDP en Java

- Java intègre nativement les fonctionnalités de communication réseau au dessus de TCP-UDP/IP
  - Package `java.net`
- Classes utilisées pour communication via UDP
  - `InetAddress` : codage des adresses IP
  - `DatagramSocket` : socket mode non connecté (UDP)
  - `DatagramPacket` : paquet de données envoyé via une socket sans connexion (UDP)

Codage adresse IP

- Classe `InetAddress`
  - Constructeurs
    - Pas de constructeurs, on passe par des méthodes statiques pour créer un objet
  - Méthodes
    - `public static InetAddress getByName(String host) throws UnknownHostException`
      - Crée un objet `InetAddress` identifiant une machine dont le nom est passé en paramètre
      - L'exception est levée si le service de nom (DNS...) du système ne trouve pas de machine du nom passé en paramètre sur le réseau
      - Si précise une adresse IP sous forme de chaîne ("192.12.23.24") au lieu de son nom, le service de nom n'est pas utilisé
        - Une autre méthode permet de préciser l'adresse IP sous forme d'un tableau de 4 octets

Codage adresse IP

- Classe `InetAddress`
  - Méthodes (suite)
    - `public static InetAddress getLocalHost() throws UnknownHostException`
      - Retourne l'adresse IP de la machine sur laquelle tourne le programme, c'est-à-dire l'adresse IP locale
    - `public String getHostName()`
      - Retourne le nom de la machine dont l'adresse est codée par l'objet InetAddress

Datagramme

- Classe `DatagramPacket`
  - Structure des données en mode datagramme
  - Constructeurs
    - `public DatagramPacket(byte[] buf, int length)`
      - Création d'un paquet pour recevoir des données (sous forme d'un tableau d'octets)
      - Les données reçues seront placées dans `buf`
      - `length` précise la taille max de données à lire
        - Ne pas préciser une taille plus grande que celle du tableau
        - En général, `length` = taille de `buf`
      - Variante du constructeur : avec un offset pour ne pas commencer au début du tableau

Datagramme

- Classe `DatagramPacket`
  - Constructeurs (suite)
    - `public DatagramPacket(byte[] buf, int length, InetAddress address, int port)`
      - Création d'un paquet pour envoyer des données (sous forme d'un tableau d'octets)
      - `buf` : contient les données à envoyer
      - `length` : longueur des données à envoyer
        - Ne pas préciser une taille supérieure à celle de `buf`
        - Peut aussi préciser un offset pour ne pas lire les données au début de `buf`
      - `address` : adresse IP de la machine destinataire des données
      - `port` : numéro de port distant (sur la machine destinataire) où envoyer les données

Datagramme

- Classe `DatagramPacket`
  - Méthodes « get »
    - `InetAddress getAddress()`
      - Si paquet à envoyer : adresse de la machine destinataire
      - Si paquet reçu : adresse de la machine qui a envoyé le paquet
    - `int getPort()`
      - Si paquet à envoyer : port destinataire sur la machine distante
      - Si paquet reçu : port utilisé par le programme distant pour envoyer le paquet
    - `byte[] getData`
      - Données contenues dans le paquet
    - `int getLength()`
      - Si paquet à envoyer : longueur des données à envoyer
      - Si paquet reçu : longueur des données reçues

Datagramme

- Classe `DatagramPacket`
  - Méthodes « set »
    - `void setAddress(InetAdress adr)`
      - Positionne l'adresse IP de la machine destinataire du paquet
    - `void setPort(int port)`
      - Positionne le port destinataire du paquet pour la machine distante
    - `void setData(byte[] data)`
      - Positionne les données à envoyer
    - `int setLength(int length)`
      - Positionne la longueur des données à envoyer

Sockets mode datagramme (UDP)

- Classe `DatagramSocket`
  - Socket en mode datagramme
  - Constructeurs
    - `public DatagramSocket() throws SocketException`
      - Crée une nouvelle socket en la liant à un port quelconque libre
        - Liaison réalisée à la première émission ou réception de données
      - Exception levée en cas de problème (a priori il ne doit pas y en avoir)
    - `public DatagramSocket(int port) throws SocketException`
      - Crée une nouvelle socket en la liant au port local précisé par le paramètre `port`
        - Si 0 : lie (tout de suite) la socket à un port quelconque libre
      - Exception levée en cas de problème : notamment quand le port est déjà occupé

Sockets mode datagramme (UDP)

- Classe `DatagramSocket`
  - Méthodes d'émission/réception de paquet
    - `public void send(DatagramPacket pack) throws IOException`
      - Envoie le paquet passé en paramètre. Le destinataire est identifié par le couple @IP/port précisé dans le paquet
      - Exception levée en cas de problème avec la socket
    - `public void receive(DatagramPacket pack) throws IOException`
      - Reçoit un paquet de données
      - Bloquant tant qu'un paquet n'est pas reçu
      - Quand paquet arrive, les attributs de `pack` sont modifiés
        - Les données reçues sont copiées dans le tableau passé en paramètre lors de la création de `pack` et sa longueur est positionnée avec la taille des données reçues
        - Les attributs d'@IP et de port de `pack` contiennent l'@IP et le port de la socket distante qui a émis le paquet

Sockets mode datagramme (UDP)

- Classe `DatagramSocket`
  - Autres méthodes
    - `public void close()`
      - Ferme la socket et libère le port à laquelle elle était liée
    - `public int getLocalPort()`
      - Retourne le port local sur lequel est liée la socket
  - Possibilité de créer un canal (mais toujours en mode non connecté)
    - Pour restreindre la communication avec un seul destinataire distant
    - Car par défaut peut recevoir sur la socket des paquets venant de n'importe où

Sockets mode datagramme (UDP)

- Classe `DatagramSocket`
  - Réception de données : via méthode `receive`
    - Méthode bloquante sans contrainte de temps : peut rester en attente indéfiniment si aucun paquet n'est jamais reçu
  - Possibilité de préciser un délai maximum d'attente
    - `public void setSoTimeout(int timeout) throws SocketException`
    - L'appel de la méthode `receive` sera bloquante pendant au plus `timeout` millisecondes
    - Une méthode `receive` se terminera alors de 2 façons
      - Elle retourne normalement si un paquet est reçu en moins du temps positionné par l'appel de `setSoTimeout`
      - L'exception `SocketTimeoutException` est levée pour indiquer que le délai s'est écoulé avant qu'un paquet ne soit reçu
        - `SocketTimeoutException` est une sous-classe de `IOException`

Sockets UDP Java – exemple coté client

```
InetAddress adr;
DatagramPacket packet;
DatagramSocket socket;

// adr contient l'@IP de la partie serveur
adr = InetAddress.getByName("scinfr222");

// données à envoyer : chaîne de caractères
byte[] data = (new String("youpi")).getBytes();

// création du paquet avec les données et en précisant l'adresse du serveur
// (@IP et port sur lequel il écoute : 7777)
packet = new DatagramPacket(data, data.length, adr, 7777);

// création d'une socket, sans la lier à un port particulier
socket = new DatagramSocket();

// envoi du paquet via la socket
socket.send(packet);
```

Sockets UDP Java – exemple coté serveur

```
DatagramSocket socket;
DatagramPacket packet;

// création d'une socket liée au port 7777
DatagramSocket socket = new DatagramSocket(7777);

// tableau de 15 octets qui contiendra les données reçues
byte[] data = new byte[15];

// création d'un paquet en utilisant le tableau d'octets
packet = new DatagramPacket(data, data.length);

// attente de la réception d'un paquet. Le paquet reçu est placé dans
// packet et ses données dans data.
socket.receive(packet);

// récupération et affichage des données (une chaîne de caractères)
String chaine = new String(packet.getData());
System.out.println(" recu : "+chaine);
```

Sockets UDP en Java – exemple suite

- La communication se fait souvent dans les 2 sens
  - Le serveur doit donc connaître la localisation du client
  - Elle est précisée dans le paquet qu'il reçoit du client
- Réponse au client, coté serveur
  - ```
    System.out.println(" ca vient de : "+
    packet.getAddress()+":"+ packet.getPort());

    // on met une nouvelle donnée dans le paquet
    // (qui contient donc le couple @IP/port de la socket coté client)
    String reponse = "bien recu";
    packet.setData(reponse.getBytes());
    packet.setLength(reponse.length());

    // on envoie le paquet au client
    socket.send(packet);
    ```
    ```

Sockets UDP en Java – exemple suite

- Réception réponse du serveur, coté client

// attente paquet envoyé sur la socket du client

```
socket.receive(packet);
```

// récupération et affichage de la donnée contenue dans le paquet

```
String chaine = new String(packet.getData());
System.out.println(" recu du serveur : "+chaine);
```

Critique sockets UDP

- Avantages
  - Simple à programmer (et à appréhender)
- Inconvénients
  - Pas fiable : ne sait pas si un paquet envoyé est reçu
  - Attention à la taille des données envoyées
    - Si le tableau d'octets envoyé ne tient pas dans 1 datagramme UDP, il est tronqué
      - La plupart des systèmes limitent la taille des datagrammes UDP à 8 Ko voire à 512 octets
    - En réception, si le tableau est plus petit que les données reçues, elles sont tronquées
  - Ne permet d'envoyer que des tableaux de byte
    - Si en C cela convient parfaitement au niveau de la manipulation de données, en Java, c'est de l'information de bas niveau non naturelle
    - En Java, il faut pouvoir envoyer des objets quelconques via des sockets

Structure des données échangées

- Format des données à transmettre
  - Très limité a priori pour du Java : tableaux de byte
  - Doit donc pouvoir convertir
    - Un objet quelconque en `byte[]` pour l'envoyer
    - Un `byte[]` en un objet d'un certain type après réception
  - Deux solutions
    - Dans chaque classe à transmettre : rajouter des méthodes qui font la conversion
      - Lourd et dommage de faire des tâches de si « bas-niveau » avec un langage évolué comme Java
    - Utiliser les flux Java pour conversion automatique
      - On envoie la copie binaire de l'objet Java en mémoire via les mécanismes de sérialisation
      - Voir cours de complément Java pour détails

Conversion Object <–> byte[]

- Pour émettre et recevoir n'importe quel objet via des sockets UDP (voir cours sur les flux Java)
  - En écriture : conversion de `Object` en `byte[]`

```
public byte[] fromObjectToByte(Object obj) {
  ByteArrayOutputStream byteStream =
                          new ByteArrayOutputStream();
  ObjectOutputStream objectStream =
              new ObjectOutputStream(byteStream);
  objectStream.writeObject(obj);
  return byteStream.toByteArray();
}
```

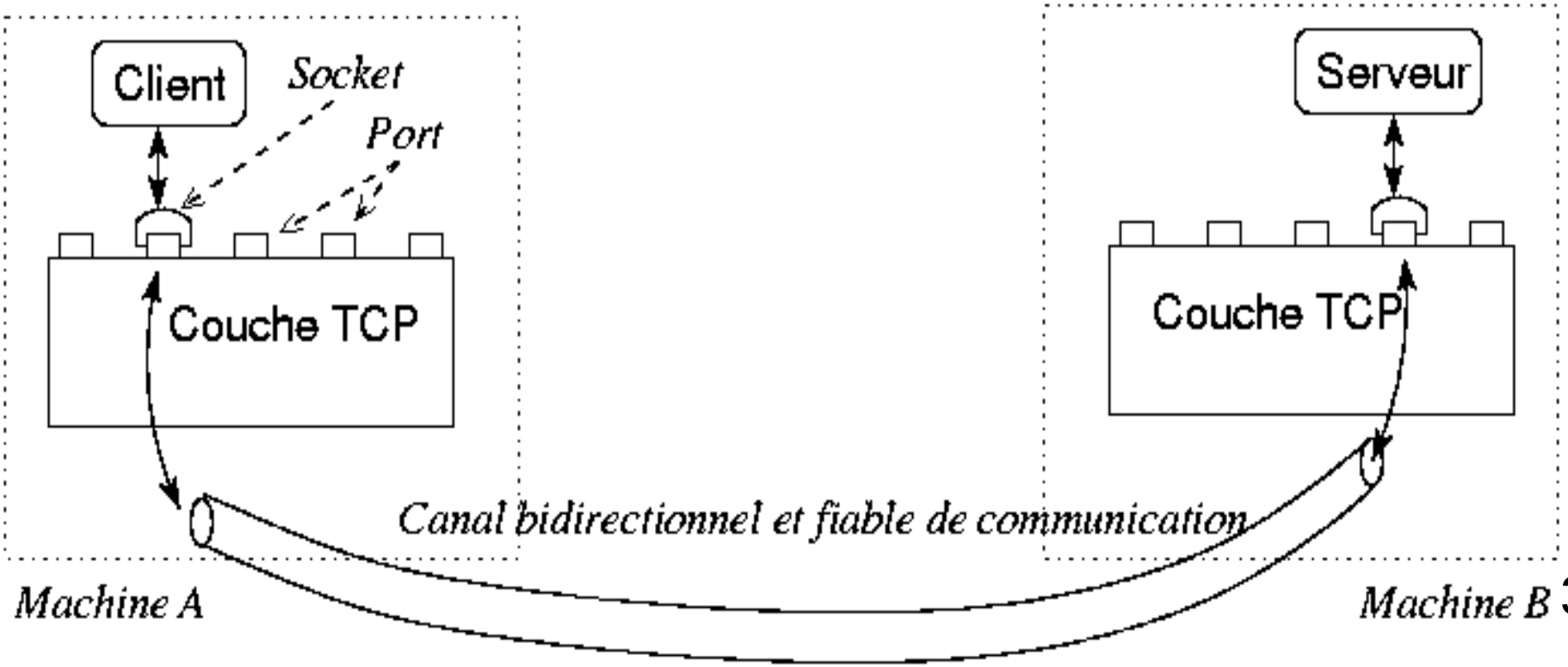
  - En lecture : conversion de `byte[]` en `Object`

```
public Object fromByteToObject(byte[] byteArray) {
  ByteArrayInputStream byteStream =
              new ByteArrayInputStream(byteArray);
  ObjectInputStream objectStream =
              new ObjectInputStream(byteStream);
  return objectStream.readObject();
}
```

Sockets TCP

Sockets TCP : principe

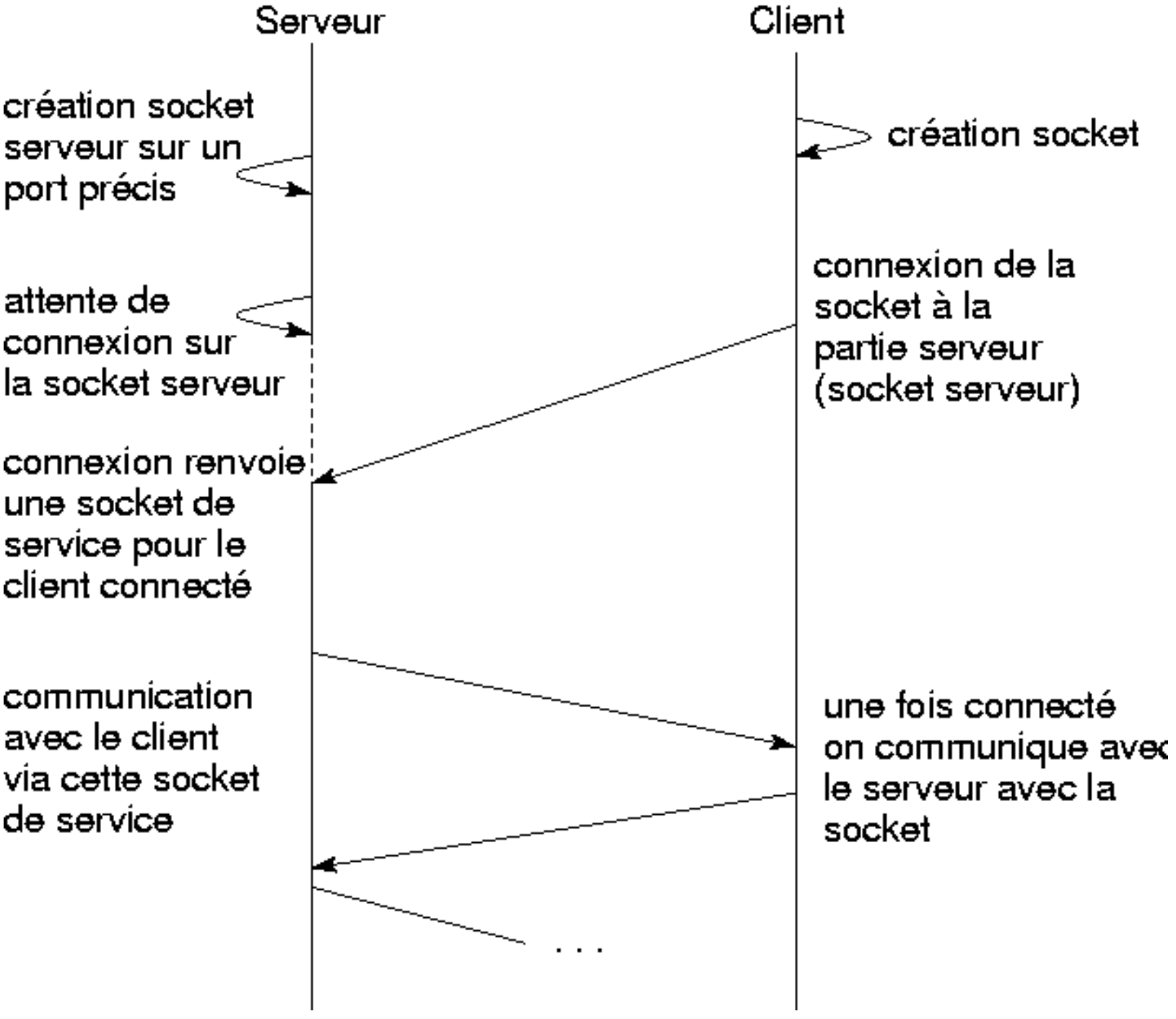
- Fonctionnement en mode connecté
  - Phase de connexion explicite entre client et serveur avant comm.
  - Données envoyées dans un « tuyau » et non pas par paquets
    - Flux (virtuels) de données
  - Fiable : la couche TCP assure que
    - Les données envoyées sont toutes reçues par la machine destinataire
    - Les données sont reçues dans l'ordre où elles ont été envoyées



Sockets TCP : principe

- Principe de communication
  - Le serveur lie une socket dite d'écoute sur un certain port bien précis et appelle un service d'attente de connexion de la part d'un client
  - Le client crée une socket liée à un port quelconque puis appelle un service pour ouvrir une connexion avec le serveur sur sa socket d'écoute
  - Du coté du serveur, le service d'attente de connexion retourne une socket de service (associée à un port quelconque)
    - C'est la socket qui permet de dialoguer avec ce client
    - Il y a une socket de service par client connecté
  - Comme avec sockets UDP : le client et le serveur communiquent en envoyant et recevant des données via leur socket

Sockets TCP : résumé communication



Sockets TCP en Java

Sockets TCP en Java

- Respecte le fonctionnement de base des sockets TCP, comme en C
  - Mode connecté
    - Connexion explicite du client au serveur
  - Communication fiable, pas de perte de données
- Particularité par rapport au sockets TCP/UDP en C et sockets UDP en Java
  - Les données échangées ne sont plus des tableaux d'octets (même si toujours possible)
  - On utilise les flux Java
    - Chaque socket possède un flux d'entrée et un flux de sortie
    - Communication de haut niveau permettant d'envoyer facilement n'importe quel objet ou donnée via des sockets TCP

Sockets TCP en Java

- Classes du package `java.net` utilisées pour communication via TCP
  - `InetAddress` : codage des adresses IP
    - Même classe que celle décrite dans la partie UDP et usage identique
  - `Socket` : socket mode connecté
  - `ServerSocket` : socket d'attente de connexion du coté server

Socket en mode connecté

- Classe `Socket`
  - Socket mode connecté
  - Constructeurs
    - `public Socket(InetAddress address, int port) throws IOException`
      - Crée une socket locale et la connecte à un port distant d'une machine distante identifié par le couple `address/port`
      - Pas de service dédié de connexion, on se connecte à la partie serveur lors de l'instanciation de la socket
    - `public Socket(String address, int port) throws IOException,UnknownHostException`
      - Idem mais avec nom de la machine au lieu de son adresse IP codée
      - Lève l'exception `UnknownHostException` si le service de nom ne parvient pas à identifier la machine
    - Variante de ces 2 constructeurs pour préciser en plus un port local sur lequel sera liée la socket créée

Socket en mode connecté

- Classe `Socket`
  - Méthodes d'émission/réception de données
    - Contrairement aux sockets UDP, les sockets TCP n'offrent pas directement de services pour émettre/recevoir des données
    - On récupère les flux d'entrée/sorties associés à la socket
      - `OutputStream getOutputStream()`
        - Retourne le flux de sortie permettant d'envoyer des données via la socket
      - `InputStream getInputStream()`
        - Retourne le flux d'entrée permettant de recevoir des données via la socket
  - Fermeture d'une socket
    - `public close()`
      - Ferme la socket et rompt la connexion avec la machine distante
      - Libère le port local utilisé par la socket

Socket en mode connecté

- Classe `Socket`
  - Méthodes « get »
    - `int getPort()`
      - Renvoie le port distant avec lequel est connecté la socket
    - `InetAddress getAddress()`
      - Renvoie l'adresse IP de la machine distante
    - `int getLocalPort()`
      - Renvoie le port local sur lequel est liée la socket
  - `public void setSoTimeout(int timeout) throws SocketException`
    - Positionne l'attente maximale en réception de données sur le flux d'entrée de la socket
      - Si temps dépassé lors d'une lecture : exception `SocketTimeoutException` est levée
      - Par défaut : temps infini en lecture sur le flux

Socket serveur

- Classe `ServerSocket`
  - Socket d'attente de connexion, coté serveur uniquement
  - Constructeurs
    - `public ServerSocket(int port) throws IOException`
      - Crée une socket d'écoute (d'attente de connexion de la part de clients)
      - La socket est liée au port dont le numéro est passé en paramètre
        - L'exception est levée notamment si ce port est déjà lié à une socket
  - Méthodes
    - `Socket accept() throws IOException`
      - Attente de connexion d'un client distant
      - Quand connexion est faite, retourne une socket permettant de communiquer avec le client : socket de service
    - `void setSoTimeout(int timeout) throws SocketException`
      - Positionne le temps maximum d'attente de connexion sur un accept
        - Si temps écoulé, l'accept lève l'exception `SocketTimeoutException`
      - Par défaut, attente infinie sur l'accept

Sockets TCP Java – exemple coté client

- Même exemple qu'avec UDP
  - Connexion d'un client à un serveur
  - Envoi d'une chaîne par le client et réponse sous forme d'une chaîne par le serveur
- Coté client

// adresse IP du serveur

```
InetAddress adr = InetAddress.getByName("scinfr222");
```

// ouverture de connexion avec le serveur sur le port 7777

```
Socket socket = new Socket(adr, 7777);
```

Sockets TCP Java – exemple coté client

- Coté client (suite)

```
// construction de flux objets à partir des flux de la socket
ObjectOutputStream output =
    new ObjectOutputStream(socket.getOutputStream());
ObjectInputStream input =
    new ObjectInputStream(socket.getInputStream());

// écriture d'une chaîne dans le flux de sortie : c'est-à-dire envoi de
// données au serveur
output.writeObject(new String("youpi"));

// attente de réception de données venant du serveur (avec le readObject)
// on sait qu'on attend une chaîne, on peut donc faire un cast directement
String chaine = (String)input.readObject();
System.out.println(" recu du serveur : "+chaine);
```

Sockets TCP Java – exemple coté serveur

- // serveur positionne sa socket d'écoute sur le port local 7777

```
ServerSocket serverSocket = new ServerSocket(7777);
```

// se met en attente de connexion de la part d'un client distant

```
Socket socket = serverSocket.accept();
```

// connexion acceptée : récupère les flux objets pour communiquer
// avec le client qui vient de se connecter

```
ObjectOutputStream output =
    new ObjectOutputStream(socket.getOutputStream());
ObjectInputStream input =
    new ObjectInputStream(socket.getInputStream());
```

// attente les données venant du client

```
String chaine = (String)input.readObject();
System.out.println(" recu : "+chaine);
```

Sockets TCP Java – exemple coté serveur

- Coté serveur (suite)

// affiche les coordonnées du client qui vient de se connecter

```
System.out.println(" ca vient de : "
    +socket.getInetAddress()+":"+socket.getPort());
```

// envoi d'une réponse au client

```
output.writeObject(new String("bien recu"));
```

- Quand manipule des flux d'objets
  - Souvent utile de vérifier le type de l'objet reçu pour faire un cast ensuite
    - Utilise `instanceof`
  - Exemple
    -
```
String chaine; Personne pers;
Object obj = input.readObject();
if (obj instanceof String) chaine = (String)obj;
if (obj instanceof Personne) pers = (Personne)obj;
```

Sockets TCP

- Critique sockets TCP
  - Avantages
    - Niveau d'abstraction plus élevé qu'avec UDP
      - Mode connecté avec phase de connexion explicite
      - Fiable, pas de perte de données
      - Flux d'entrée/sortie avec la mise en œuvre Java
    - Fiable
  - Inconvénients
    - Plus difficile de gérer plusieurs clients en même temps
      - Nécessite du parallélisme avec des threads/processus ou un sélecteur pour savoir quelle socket a reçu des données (ou qu'une demande de connexion est pendante)
      - Mais oblige une bonne structuration coté serveur

Sockets UDP ou TCP ?

- Choix entre UDP et TCP
  - A priori simple
    - TCP est fiable et mieux structuré
  - Mais intérêt tout de même pour UDP dans certains cas
    - Si la fiabilité n'est pas essentielle
    - Si la connexion entre les 2 applications n'est pas utile voire est même trop contraignante
    - Exemple
      - Un thermomètre envoie toutes les 5 secondes la température de l'air ambiant à un afficheur distant
      - Pas grave de perdre une mesure de temps en temps
      - Le mode connexion oblige pour le thermomètre à tenter régulièrement de rouvrir une connexion si l'afficheur est planté : code plus complexe
        - Alors qu'en UDP,le thermomètre envoie ses données quoiqu'il arrive, que l'afficheur soit fonctionnel ou pas, ça ne change rien pour lui

Sockets UDP ou TCP ?

- Exemple de protocole utilisant UDP : NFS
  - Network File System (NFS)
    - Accès à un système de fichiers distant
  - A priori TCP mieux adapté car besoin de fiabilité lors des transferts des fichiers, mais
    - NFS est généralement utilisé au sein d'un réseau local
      - Peu de pertes de paquets
    - UDP est plus basique et donc plus rapide
      - TCP gère un protocole assurant dans n'importe quel contexte la fiabilité, ce qui implique de nombreux échanges supplémentaires entre les applications (envoi de messages de contrôle, d'acquittement...)
      - Peu de pertes de paquets en UDP en local : peut directement gérer la fiabilité au niveau NFS ou applicatif et c'est moins coûteux en temps
    - Dans ce contexte, il n'est pas pénalisant d'utiliser UDP au lieu de TCP pour NFS
      - NFS fonctionne sur ces 2 couches

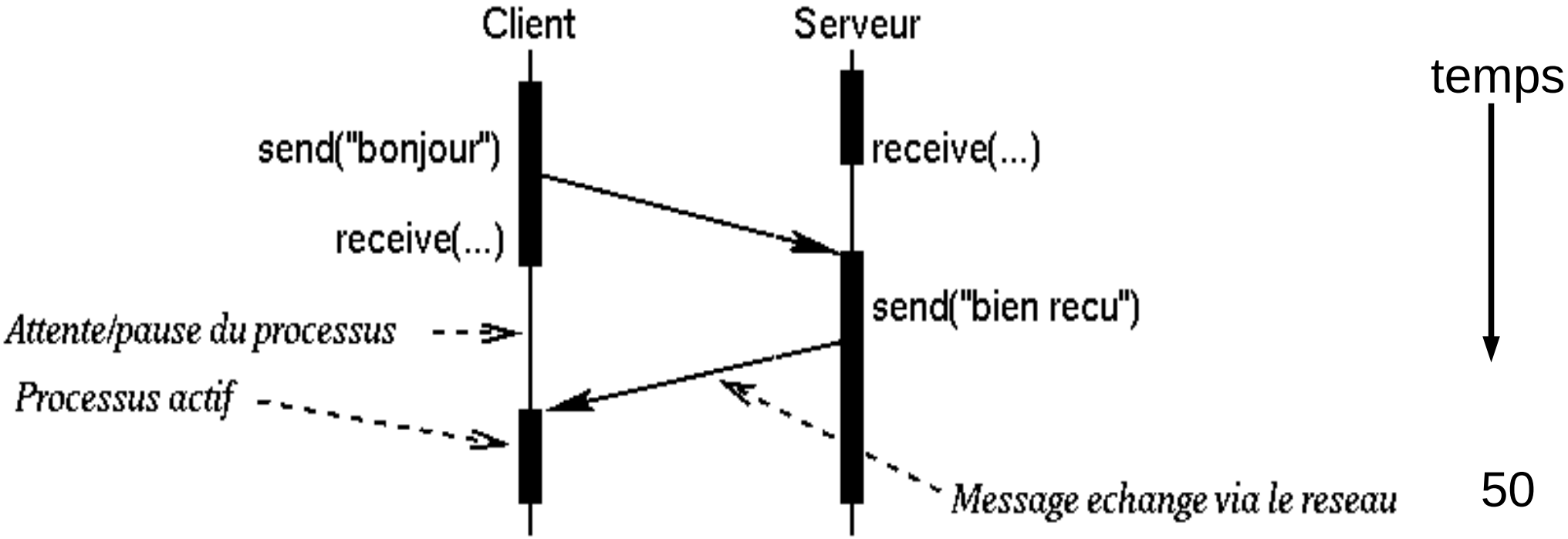
Gestion multi-clients

Application multi-clients

- Application client/serveur classique
  - Un serveur
  - Plusieurs clients
  - Le serveur doit pouvoir répondre aux requêtes des clients sans contrainte sur l'ordre d'arrivée des requêtes
- Contraintes à prendre à compte
  - Chaque élément (client ou serveur) s'exécute indépendamment des autres et en parallèle des autres

Concurrence

- Par principe, les éléments distants communicants sont actifs en parallèle
  - Plusieurs processus concurrents
  - Avec processus en pause lors d'attente de messages
- Exemple de flux d'exécution pour notre exemple de client/serveur précédent



Gestion plusieurs clients

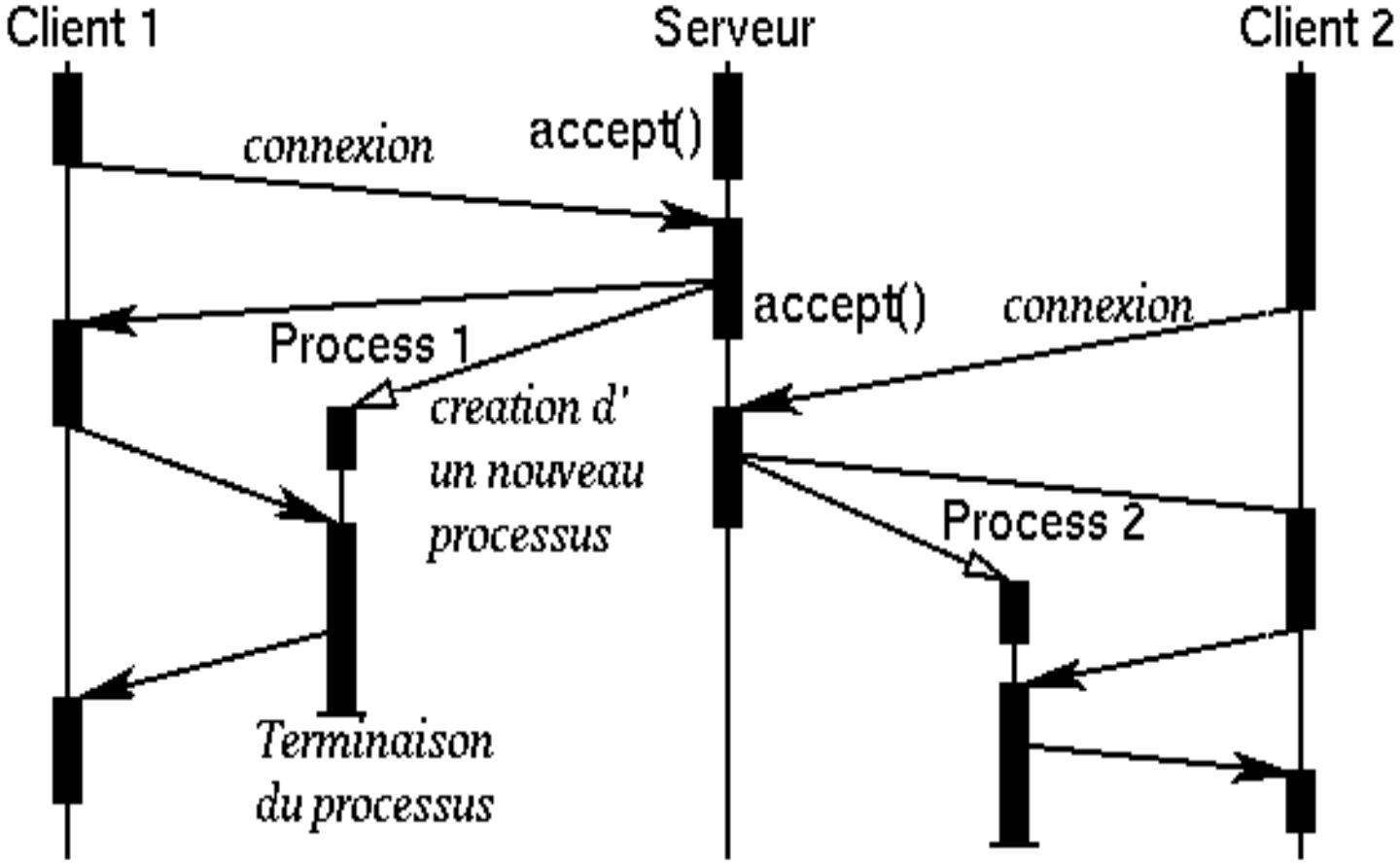
- Particularité coté serveur en TCP
  - Une socket d'écoute sert à attendre les connexions des clients
  - A la connexion d'un client, une socket de service est initialisée pour communiquer avec ce client
- Communication avec plusieurs clients pour le serveur
  - Envoi de données à un client
    - UDP : on précise l'adresse du client dans le paquet à envoyer
    - TCP : on utilise la socket correspondant au client
  - Réception de données venant d'un client quelconque
    - UDP : se met en attente d'un paquet puis regarde de qui il vient
    - TCP : doit se mettre en attente de données sur toutes les sockets actives

Sockets TCP – gestion plusieurs clients

- Fonctionnement de TCP impose des contraintes
  - Lecture sur une socket : opération bloquante
    - Tant que des données ne sont pas reçues
  - Attente de connexion : opération bloquante
    - Jusqu'à la prochaine connexion d'un client distant
- Avec un seul flot d'exécution (processus/thread)
  - Si ne sait pas quel est l'ordonnancement des arrivées des données des clients ou de leur connexion au serveur
    - Impossible à gérer (sauf avec un sélecteur)
- Donc nécessité de plusieurs processus ou threads
  - Un processus en attente de connexion sur le port d'écoute
  - Nouvelle connexion : un nouveau processus est créé pour gérer la communication avec le nouveau client

Sockets TCP – gestion plusieurs clients

- Boucle de fonctionnement général d'un serveur pour gérer plusieurs clients
  - while(true) {
    socketClient = acceptConnection();
    newProcessus(socketClient); }
  - Exemple avec 2 clients →



Java – gestion plusieurs clients TCP

- Coté serveur
  - En Java, contrairement au C, les flots d'exécution parallèle ne sont que des threads
    - Pas de processus lourds comme avec le `fork()` du C
  - Dans la boucle d'acception de connexion
    - Crée un thread Java dédié à la communication avec le client qui vient de se connecter
  - Cf TD/TP

Java – gestion plusieurs clients TCP

- Alternative au multi-threads : utiliser un sélecteur
  - Classes du package `java.nio` : *New Input Output*
  - Associe plusieurs sockets à un sélecteur
    - Sockets de service ou la socket d'attente de connexions
  - On attend sur le sélecteur que quelque chose arrive
    - Données reçues par une socket
    - Connexion d'un nouveau client
  - On récupère la socket associée et on peut faire l'action (lecture ou acceptation de connexion) dessus
- Il n'est donc plus utile d'avoir un thread par socket de client
  - Moins coûteux en mémoire et en temps de bascule d'un thread à un autre
  - Mais plus compliqué d'avoir un contexte (données/session) spécifique à chaque client

Multicast UDP/IP

Multicast

- On a vu comment faire communiquer des applications 1 à 1 via des sockets UDP ou TCP
- UDP offre un autre mode de communication : multicast
  - Plusieurs récepteurs pour une seule émission d'un paquet
- Broadcast, multicast
  - Broadcast (diffusion) : envoi de données à tous les éléments d'un réseau
  - Multicast : envoi de données à un sous-groupe de tous les éléments d'un réseau
- Multicast IP
  - Envoi d'un datagramme sur une adresse IP particulière
  - Plusieurs éléments lisent à cette adresse IP

Multicast

- Adresse IP multicast
  - Classe d'adresse IP entre 224.0.0.0 et 239.255.255.255
    - Classe D
    - Adresses entre 225.0.0.0 et 238.255.255.255 sont utilisables par un programme quelconque
      - Les autres sont réservées
  - Une adresse IP multicast n'identifie pas une machine sur un réseau mais un *groupe multicast*
- Socket UDP multicast
  - Avant envoi de paquet : on doit rejoindre un groupe
    - Identifié par un couple : @IP multicast/numéro port
  - Un paquet envoyé par un membre du groupe est reçu par tous les membres de ce groupe

Multicast

- Utilités du multicast UDP/IP
  - Évite d'avoir à créer X connexions et/ou d'envoyer X fois la même donnée à X machines différentes
  - En pratique
    - Utilisé pour diffuser des informations
    - Diffusion de flux vidéos à plusieurs récepteurs
      - Chaîne de télévision, diffusion d'une conférence
      - Le même flux est envoyé à tous au même moment
    - Pour récupérer des informations sur le réseau
      - 224.0.0.12 : pour localiser un serveur DHCP
- Limites
  - Non fiable et non connecté comme UDP
  - Bien souvent filtré au-delà des réseaux locaux

Multicast en Java

Multicast UDP en Java

- Classe `java.net.MulticastSocket`
  - Spécialisation de `DatagramSocket`
  - Constructeurs : identiques à ceux de `DatagramSocket`
    - `public MulticastSocket() throws SocketException`
      - Crée une nouvelle socket en la liant à un port quelconque libre
      - Exception levée en cas de problème (a priori il doit pas y en avoir)
    - `public MulticastSocket(int port) throws SocketException`
      - Crée une nouvelle socket en la liant au port précisé par le paramètre `port` : c'est le port qui identifie le groupe de multicast
      - Exception levée en cas de problème

Multicast UDP en Java

- Classe `java.net.MulticastSocket` (suite)
  - Gestion des groupes (anciennes méthodes, dépréciées)
    - `public void joinGroup(InetAddress mcastaddr) throws IOException`
      - Rejoint le groupe dont l'adresse IP multicast est passée en paramètre
      - L'exception est levée en cas de problèmes, notamment si l'adresse IP n'est pas une adresse IP multicast valide
    - `public void leaveGroup(InetAddress mcastaddr) throws IOException`
      - Quitte un groupe de multicast
      - L'exception est levée si l'adresse IP n'est pas une adresse IP multicast valide
      - Pas d'exception levée ou de problème quand on quitte un groupe auquel on n’appartient pas

Multicast UDP en Java

- Classe `java.net.MulticastSocket` (suite)
  - Nouvelles méthodes de gestion de groupes
    - Joint une interface réseau de la machine à un groupe multicast
    - Précise le numéro de port dans le groupe multicast rejoint via une adresse de socket
    - `public void joinGroup(SocketAddress mcastaddr, NetworkInterface netIf) throws IOException`
      - Rejoint le groupe multicast pour une interface réseau
      - L'exception est levée en cas de problèmes, notamment si l'adresse IP n'est pas une adresse IP multicast valide
    - `public void leaveGroup(SocketAddress mcastaddr, NetworkInterface netIf) throws IOException`
      - Quitte un groupe de multicast
      - L'exception est levée si l'adresse IP n'est pas une adresse IP multicast valide ou si on quitte un groupe auquel on n’appartient pas

Multicast UDP en Java

- Classe `java.net.MulticastSocket` (suite)
  - Émission/réception de données
    - On utilise les services `send()` et `receive()` avec des paquets de type `DatagramPacket` tout comme avec une socket UDP standard
- Exemple, exécution dans l'ordre :
  - Connexion à un groupe
  - Envoi d'un paquet
  - Réception d'un paquet
  - Quitte le groupe

Multicast UDP en Java

- Exemple de communication via socket multicast UDP

```
// socket UDP multicast liée au port local 4000
MulticastSocket socket = new MulticastSocket(4000);

// adresse IP multicast du groupe : 228.5.6.7
InetAddress ipAddr = InetAddress.getByName("228.5.6.7");

// adresse multicast de la socket : 228.5.6.7:4000
InetSocketAddress group =
        new InetSocketAddress(ipAddr, 4000);

// interface réseau de l'adresse locale par défaut
NetworkInterface nif =
    NetworkInterface.getByInetAddress(InetAddress.getLocalHost());

// lit l'interface réseau au groupe mutlicast
socket.joinGroup(group, nif);
```

Multicast UDP en Java

- Exemple (suite)

```
// données à envoyer
byte[] data = (new String("youpi")).getBytes();

// paquet à envoyer (en précisant le couple @IP/port du groupe)
DatagramPacket packet =
   new DatagramPacket(data, data.length, ipAddr, 4000);

// on envoie le paquet
socket.send(packet);

// attend un paquet en réponse
socket.receive(packet);

// traite le résultat, fait d'autres envois/réceptions
...
// quitte le groupe pour l'interface réseau qui a été liée
socket.leaveGroup(group, nif);
```

Multicast UDP en Java

- Chaque participant au groupe doit avoir sa socket liée sur le port du groupe
  - Pour pouvoir recevoir les paquets à destination de ce port
  - Par défaut, on ne peut pas avoir 2 sockets sur le même port UDP sur la même machine
    - Sauf à paramétrer la socket : `socket.setReuseAddress(true);`
    - Ce code est exécuté dans les constructeurs de `MulticastSocket`
- Les paquets envoyés sont à destination de toutes les sockets associées au groupe
  - Une application reçoit donc les paquets qu'elle a envoyés
  - Pour ne plus recevoir ses propres paquets : `socket.setOption(StandardSocketOptions.IP_MULTICAST_LOOP, false);`
  - Attention, réglage au niveau port local : s'il y a 2 applications sur la même machine, si on supprime l'auto-réception, aucune des 2 ne recevra un message envoyé par l'autre