

COURS 3 - JAVA RMI

ERIC GOUBAULT
COMMISSARIAT À L'ENERGIE ATOMIQUE & CHAIRE ECOLE
POLYTECHNIQUE/THALÈS
SACLAY

LE 27 JANVIER 2010

REMOTE METHOD INVOCATION

- Permet d'invoquer des méthodes d'un objet distant, c'est à dire appartenant à une autre JVM, sur une autre machine
- Architecture de type client/serveur; similaire aux "Remote Procedure Calls" POSIX
- Se rapproche de plus en plus de CORBA (langage indépendant etc., voir cours suivant)

Références: JAVA, Network Programming and Distributed Computing, D. Reilly et M. Reilly, Addison-Wesley.
et <http://java.sun.com/products/jdk/rmi/>

- Classe qui implémente la méthode distante (serveur):
 - dont les méthodes renvoient ou reçoivent des objets **Serializable** (sémantique par copie)
 - ou des objets appartenant à des classes **remote** (sémantique par référence)
 - méthodes doivent pouvoir lancer l'exception **RemoteException**
- Client qui utilise les méthodes distantes
- Registre d'objets distants qui associe aux noms d'objets l'adresse des machines qui les contiennent

LES CLASSES IMPLÉMENTANT **Serializable**

- Objets instances peuvent être transcrits en "stream", c'est-à-dire en flots d'octets.
- **writeObject(ObjectOutputStream aOutputStream)**
readObject(ObjectInputStream aInputStream)
responsables respectivement de décrire un objet sous forme de flot d'octets et de reconstituer l'état d'un objet à partir d'un flot d'octets.
- La plupart des classes (et de leurs sous-classes) de base **String**, **HashTable**, **Vector**, **HashSet**, **ArrayList**...sont **Serializable**.

SERIALIZABLE

- dans le cas où on passe une classe **Serializable**, il faut que la définition de cette classe soit connue (\Rightarrow copiée sur les différentes machines) des clients et du serveur
- il peut y avoir à gérer la politique de sécurité (sauf pour les objets “simples”, comme **String** etc.).

5

LES CLASSES remote

- leurs instances sont des objets ordinaires dans l'espace d'adressage de leur JVM
- des “pointeurs” sur ces objets peuvent être envoyés aux autres espaces d'adressage

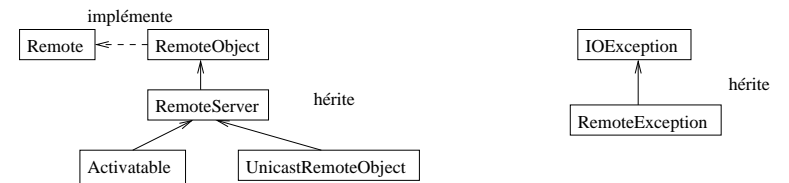
POUR EN SAVOIR PLUS: PACKAGES RMI

- `java.rmi` définit l'interface **RemoteInterface**, et les exceptions,
- `java.rmi.activation` (depuis JAVA2): permet l'activation à distance des objets,
- `java.rmi.dgc`: s'occupe du ramassage de miettes dans un environnement distribué,
- `java.rmi.registry` fournit l'interface permettant de représenter un `rmiregistry`, d'en créer un, ou d'en trouver un,
- `java.rmi.server` fournit les classes et interfaces pour les serveurs RMI.

<http://java.sun.com/javase/6/docs/technotes/guides/rmi/index.html>

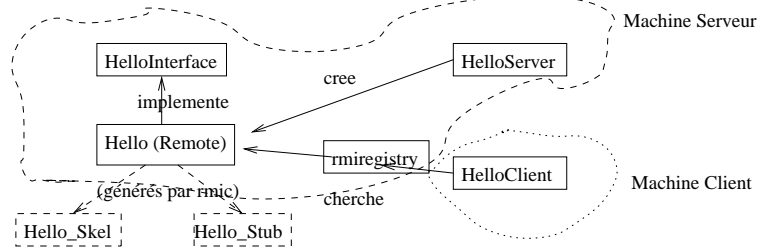
7

LES DIFFÉRENTES CLASSES ET INTERFACES



EXEMPLE - ON RETOURNE UN `Serializable`

“Hello World” distribué: on va construire les classes:



9

SQUELETTES (COTÉ SERVEUR)

Un squelette est responsable (sur la demande du stub correspondant) d'appeler la méthode sur le serveur:

- lit les paramètres (“unmarshals”)
- appelle la méthode de l'objet serveur correspondant
- écrit les paramètres sur le réseau (“marshals”)

11

STUBS (COTÉ CLIENT)

Un stub est une sorte de proxy pour le client (cache la sérialisation et les communications bas niveau sur le réseau):

- c'est lui qui initie la connection avec la JVM distante contenant l'objet distant
- envoie les arguments à l'objet distant (“marshals”)
- attend les résultats
- récupère les résultats (“unmarshals”)

INTERFACE DE L'OBJET DISTANT

```
import java.rmi.*;

public interface HelloInterface extends Remote {
    public String say() throws RemoteException;
}
```

HELLO WORLD: IMPLÉMENTATION DE L'OBJET DISTANT

```
import java.rmi.*;
import java.rmi.server.*;

public class Hello extends UnicastRemoteObject
    implements HelloInterface {
    private String message;

    public Hello(String msg) throws RemoteException {
        message = msg; }
}
```

13

HELLO WORLD: IMPLÉMENTATION DE L'OBJET DISTANT

```
public String say() throws RemoteException {
    return message;
}
}
```

COMPILATION

```
javac HelloInterface.java
javac Hello.java
(crée HelloInterface.class et Hello.class)
```

15

CLIENT

```
import java.rmi.*;
public class HelloClient {
    public static void main(String[] argv) {
        try {
            HelloInterface hello =
                (HelloInterface) Naming.lookup
                    ("//cher.polytechnique.fr/Service");
            System.out.println(hello.say());
        }
    }
}
```

(le serveur est supposé toujours être sur `cher`, voir plus loin pour d'autres méthodes)

CLIENT

```
    } catch(Exception e) {  
        System.out.println("HelloClient exception: "+e);  
    }  
}  
}
```

17

SERVEUR

```
    } catch(Exception e) {  
        System.out.println("Hello Server failed: "+e);  
    }  
}  
}
```

19

SERVEUR

```
import java.rmi.*;  
  
public class HelloServer {  
    public static void main(String[] argv) {  
        try {  
            Naming.rebind("Service",new Hello("Hello, world!"));  
            System.out.println("Hello Server is ready.");  
        }  
    }  
}
```

18

COMPILATION ET DÉMARRAGE DU SERVEUR

```
javac HelloClient.java  
javac HelloServer.java  
Démarrer le serveur de noms:  
rmiregistry &  
(attendre un minimum)
```

20

COMPILATION ET DÉMARRAGE DU SERVEUR

Démarrer le serveur (Hello):

```
java HelloServer &  
(attendre un peu)
```

21

DÉMARRAGE DES CLIENTS ET EXÉCUTION

(ici en local)

```
> Hello Server is ready.  
> java HelloClient  
Hello, world!
```

INSTALLATION LOCALE AUX SALLES DE TD

- **rmiregistry** doit être démarré avec un numéro de port distinct pour plusieurs utilisateurs sur une même machine (numéros à partir de 1099), voir répartition sur fiche TD. Exemple sur machine serveur:

```
rmiregistry 1100 &
```

- Dans ce cas, le serveur devra s'enregistrer par

```
Naming.rebind("rmi://localhost:1100/Service");
```

Et le client devra chercher sur le même port:

```
Naming.lookup("rmi://cher.polytechnique.fr:1100/Service");
```

23

EXECUTION EN SALLE TD

(récupérer les programmes java sur la page web)

Exemple: serveur sur cher,

```
[goubaul1@cher HelloNormal]$ java HelloServer  
Hello Server is ready.
```

Client sur loire,

```
[goubaul1@loire HelloNormal]$ java HelloClient  
Hello, world!
```

AUTRE MÉTHODE POUR LE SERVEUR

```
import java.rmi.*;
import java.rmi.registry.*;
public class HelloServer {
    public static void main(String[] argv) {
try { LocateRegistry.createRegistry(1100);
    Registry r = LocateRegistry.getRegistry
        ("oncidium",1100);
    Naming.rebind("//oncidium:1100/Hello",new Hello("Hi!"));
    String[] name = r.list();
    for (int i=0; i<name.length;i++)
System.out.println(name[i]);
    System.out.println("Hello Server is ready.");
} catch(Exception e) {
    System.out.println("Hello Server failed: "+e); } } }
```

25

EXPLICATIONS

- `LocateRegistry.createRegistry(port number)` crée le démon `rmiregistry` écoutant sur le port `port number`
- `LocateRegistry.getRegistry(server name, port number)` essaie de trouver un démon `rmiregistry` sur la machine `server name` et sur le port `port number`
- Cela donne un objet manipulable... par exemple, on parcourt la liste des services connus du `rmiregistry` par la boucle sur `r.list()`

OU ENCORE... (ACCÈS AU RMIREGISTRY)

```
import java.rmi.*;
import java.rmi.registry.*;
import java.rmi.server.UnicastRemoteObject;
public class HelloServer {
    public static void main(String[] argv) {
try { LocateRegistry.createRegistry(1100);
    Registry r = LocateRegistry.getRegistry
        ("localhost",1100);
    Hello obj = new Hello("Hello, world!");
    r.bind("Service", obj);
    System.out.println("Hello Server is ready.");
} catch(Exception e) {
    System.out.println("Hello Server failed: "+e); } } }
```

27

OU ENCORE... (ACCÈS DIRECT AU STUB CRÉE DYNAMIQUEMENT)

(...)

```
public class HelloServer {
    public static void main(String[] argv) {
try { LocateRegistry.createRegistry(1100);
    Registry r = LocateRegistry.getRegistry
        ("localhost",1100);
    Hello obj = new Hello("Hello, world!");
    HelloInterface stub=(HelloInterface)UnicastRemoteObject.
        exportObject(obj,1100);
    r.bind("Service", stub);
    System.out.println("Hello Server is ready.");
} catch(Exception e) { System.out.println("Failed: "+e); }
```

AVEC...

```
import java.rmi.*;
import java.rmi.server.*;
public class Hello implements HelloInterface, Remote {
    private String message;

    public Hello(String msg) throws RemoteException {
        message = msg;
    }

    public String say() throws RemoteException {
        return message; } }

```

29

ET POUR LE CLIENT: (ACCÈS AU RMIREGISTRY)

```
import java.rmi.*;
import java.rmi.registry.Registry;
import java.rmi.registry.LocateRegistry;
public class HelloClient {
    public static void main(String[] argv) {
        try {
            Registry registry = LocateRegistry.getRegistry
                ("oncidium",1100);
            HelloInterface hello =
                (HelloInterface) registry.lookup("Service");
            System.out.println(hello.say());
        } catch(Exception e) {
            System.out.println("HelloClient exception: "+e); } } }

```

CALLBACK

L'idée est la suivante (programmation "événementielle", typique d'interface graphique par exemple AWT):

- les "clients" vont s'enregistrer auprès d'un serveur,
- le "serveur" va les "rappeler" uniquement lorsque certains événements se produisent,
- le client n'a pas ainsi à faire de "l'active polling" (c'est à dire à demander des nouvelles continuellement au serveur) pour être mis au fait des événements.

31

PRINCIPE DU "RAPPEL"

Comment notifier un objet (distant) de l'apparition d'un événement?

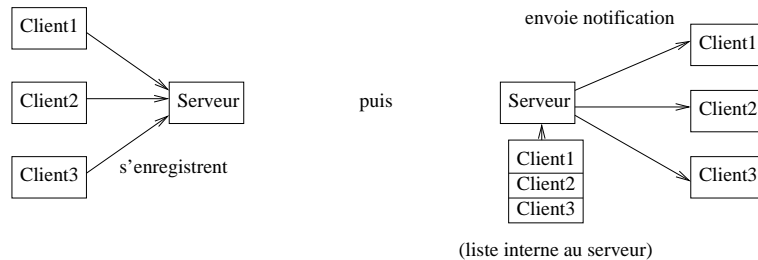
- on passe la référence de l'objet à rappeler, au serveur chargé de suivre (ou source des) les événements,
- à l'apparition de l'événement, le serveur va invoquer la méthode de notification du client.

Ainsi,

- pour chaque type d'événement, on crée une interface spécifique (pour le client qui veut en être notifié),
- les clients potentiels à notifier doivent s'enregistrer auprès d'une implémentation de cette interface.

Cela implique que "clients" et "serveurs" sont tous à leur tour "serveurs" et "clients".

C'EST À DIRE...



33

EXEMPLE - INTERFACE ASSOCIÉE À UN ÉVÉNEMENT

... ici, changement de température:

```
interface TemperatureListener extends java.rmi.Remote {
    public void temperatureChanged(double temperature)
        throws java.rmi.RemoteException;
}
```

C'est la méthode de notification de tout client intéressé par cet événement. Forcément un objet **Remote**.

EXEMPLE - L'INTERFACE DU SERVEUR D'ÉVÉNEMENTS

... doit au moins pouvoir permettre l'inscription et la désinscription de clients voulant être notifié:

```
interface TemperatureSensor extends java.rmi.Remote {
    public double getTemperature() throws
        java.rmi.RemoteException;
    public void addTemperatureListener
        (TemperatureListener listener)
        throws java.rmi.RemoteException;
    public void removeTemperatureListener
        (TemperatureListener listener)
        throws java.rmi.RemoteException; }
}
```

35

EXEMPLE - L'IMPLEMENTATION DU SERVEUR

- doit être une sous-classe de **UnicastRemoteObject** (pour être un serveur...).
- doit implémenter l'interface **TemperatureListener** pour pouvoir rappeler les clients en attente,
- implémente également **Runnable** ici pour pouvoir avoir un thread indépendant qui simule les changements de température.

EXEMPLE - IMPLÉMENTATION SERVEUR

```
import java.util.*;
import java.rmi.*;
import java.rmi.server.*;
public class TemperatureSensorServer
    extends UnicastRemoteObject
    implements TemperatureSensor, Runnable {
    private volatile double temp;
    private Vector <TemperatureListener> list =
        new Vector <TemperatureListener> ();
    static final long serialVersionUID = 42L;
```

(le vecteur `list` contiendra la liste des clients)

37

EXEMPLE - IMPLÉMENTATION SERVEUR

Constructeur (température initiale) et méthode de récupération de la température:

```
public TemperatureSensorServer()
    throws java.rmi.RemoteException {
    temp = 98.0; }

public double getTemperature()
    throws java.rmi.RemoteException {
    return temp; }
```

EXEMPLE - IMPLÉMENTATION SERVEUR

Méthodes d'ajout et de retrait de clients:

```
public void addTemperatureListener
    (TemperatureListener listener)
    throws java.rmi.RemoteException {
    System.out.println("adding listener -"+listener);
    list.add(listener); }

public void removeTemperatureListener
    (TemperatureListener listener)
    throws java.rmi.RemoteException {
    System.out.println("removing listener -"+listener);
    list.remove(listener); }
```

39

EXEMPLE - IMPLÉMENTATION SERVEUR

Thread responsable du changement aléatoire de la température:

```
public void run()
{ Random r = new Random();
  for (;;)
    { try {
      int duration = r.nextInt() % 10000 +2000;
      if (duration < 0) duration = duration*(-1);
      Thread.sleep(duration); }
```

EXEMPLE - IMPLÉMENTATION SERVEUR

```
catch(InterruptedException ie) {}
int num = r.nextInt();
if (num < 0)
    temp += .5;
else
    temp -= .5;
notifyListeners(); } }
```

(notifyListeners() est la méthode suivante, chargée de broadcaster le changement d'événements à tous les clients enregistrés)

41

EXEMPLE - IMPLÉMENTATION DU SERVEUR

```
private void notifyListeners() {
    for (Enumeration e = list.elements(); e.hasMoreElements();)
    { TemperatureListener listener =
        (TemperatureListener) e.nextElement();
        try {
            listener.temperatureChanged(temp);
        } catch (RemoteException re) {
            System.out.println("removing listener -"+listener);
            list.remove(listener); } } }
```

(on fait simplement appel, pour chaque client, à la méthode de notification temperatureChanged)

EXEMPLE - IMPLÉMENTATION DU SERVEUR

Enregistrement du service auprès du rmiregistry (éventuellement fourni à la ligne de commande):

```
public static void main(String args[]) {
    System.out.println("Loading temperature service");
    try {
        TemperatureSensorServer sensor =
            new TemperatureSensorServer();
        String registry = "localhost";
        if (args.length >= 1)
            registry = args[0];
        String registration = "rmi://" + registry +
            "/TemperatureSensor";
        Naming.rebind(registration, sensor);
    }
}
```

43

EXEMPLE

Démarrage du thread en charge de changer aléatoirement la température, et gestion des exceptions:

```
Thread thread = new Thread(sensor);
thread.start(); }
catch (RemoteException re) {
    System.err.println("Remote Error - "+re); }
catch (Exception e) {
    System.err.println("Error - "+e); } } }
```

EXEMPLE - IMPLÉMENTATION CLIENTS

```
import java.rmi.*;
import java.rmi.server.*;

public class TemperatureMonitor extends UnicastRemoteObject
    implements TemperatureListener {
    public TemperatureMonitor() throws RemoteException {}
}
(étend UnicastRemoteObject car serveur également! De même implémente
TemperatureListener) Rq: constructeur vide (celui d'Object en
fait).
```

45

EXEMPLE - IMPLÉMENTATION CLIENTS

Recherche du service serveur d'événements:

```
public static void main(String args[]) {
    System.out.println("Looking for temperature sensor");
    try {
        String registry = "localhost";
        if (args.length >= 1)
            registry = args[0];
        String registration = "rmi://" + registry +
            "/TemperatureSensor";
        Remote remoteService = Naming.lookup(registration);
        TemperatureSensor sensor = (TemperatureSensor)
            remoteService;
    }
}
```

EXEMPLE - IMPLÉMENTATION CLIENTS

Création d'un moniteur et enregistrement auprès du serveur d'événements:

```
double reading = sensor.getTemperature();
System.out.println("Original temp : "+reading);
TemperatureMonitor monitor = new TemperatureMonitor();
sensor.addTemperatureListener(monitor);
```

47

EXEMPLE - IMPLÉMENTATION CLIENTS

Gestion des exceptions:

```
} catch (NotBoundException nbe) {
    System.out.println("No sensors available"); }
catch (RemoteException re) {
    System.out.println("RMI Error - "+re); }
catch (Exception e) {
    System.out.println("Error - "+e); } }
```

EXEMPLE - IMPLÉMENTATION CLIENTS

Implémentation de la méthode de rappel:

```
public void temperatureChanged(double temperature)
    throws java.rmi.RemoteException {
    System.out.println("Temperature change event : "
        +temperature);
}
```

49

COMPILATION

```
[goubaul1@cher Ex3]$ javac *.java
```

EXÉCUTION

```
[goubaul1@cher Ex3]$ rmiregistry &
[goubaul1@cher Ex3]$ java TemperatureSensorServer
Loading temperature service
```

Premier client (sur loire):

```
[goubaul1@loire Ex3]$ rmiregistry &
[goubaul1@loire Ex3]$ java TemperatureMonitor cher
Looking for temperature sensor
Original temp : 100.0
Temperature change event : 99.5
Temperature change event : 100.0
Temperature change event : 100.5
```

51

EXÉCUTION

```
Temperature change event : 100.0
Temperature change event : 100.5
Temperature change event : 101.0
Temperature change event : 100.5
Temperature change event : 100.0
Temperature change event : 100.5
Temperature change event : 101.0
Temperature change event : 101.5
```

EXÉCUTION

On voit alors sur la console de cher:

```
adding listener -TemperatureMonitor_Stub[RemoteStub  
[ref: [endpoint:[129.104.254.64:3224] (remote),  
objID:[6e1408:f29e197d47:-8000, 0]]]]
```

Rajoutons un moniteur sur doubs:

```
[goubaul1@doubs Ex3]$ rmiregistry &  
[goubaul1@doubs Ex3]$ java TemperatureMonitor cher  
Looking for temperature sensor  
Original temp : 101.5  
Temperature change event : 102.0
```

53

EXÉCUTION

```
Temperature change event : 102.5  
Temperature change event : 103.0  
Temperature change event : 102.5  
Temperature change event : 103.0  
Temperature change event : 103.5  
Temperature change event : 102.5  
Temperature change event : 102.0
```

EXÉCUTION

Ce qui produit sur cher:

```
adding listener -TemperatureMonitor_Stub[RemoteStub  
[ref: [endpoint:[129.104.254.57:3648] (remote),  
objID:[6e1408:f29de7882e:-8000, 0]]]]
```

On voit bien que les températures et événements sont synchronisés avec l'autre client sur loire:

```
Temperature change event : 102.0
```

55

EXÉCUTION

```
Temperature change event : 102.5  
Temperature change event : 103.0  
Temperature change event : 102.5  
Temperature change event : 103.0  
Temperature change event : 103.5  
^C  
[goubaul1@loire Ex3]$
```

EXÉCUTION

On a interrompu sur loire, du coup sur cher:

```
removing listener -TemperatureMonitor_Stub[RemoteStub  
[ref: [endpoint:[129.104.254.64:3224] (remote),  
objID:[6e1408:f29e197d47:-8000, 0]]]]
```

On interrompt par Control-C sur doubs, du coup sur cher:

```
removing listener -TemperatureMonitor_Stub[RemoteStub  
[ref: [endpoint:[129.104.254.57:3648] (remote),  
objID:[6e1408:f29de7882e:-8000, 0]]]]
```