# 1) Rappel Java Remote Method Invocation



## Des Sockets à Java-RMI

- **But**: applications client/serveur, cad
  - Réparties, et
  - multi-threadées coté serveur pour servir chaque client efficacement
- **Solution**: De la programmation (manuelle!) par sockets
  - Orienté flux, avec démarrage d'une thread par client
- … à de l'invocation de fonctions coté serveur déclenchée automatiquement
- Dans un contexte Java, et selon une philosophie SOA:
  - Portabilité
  - Polymorphisme
  - Génération dynamique de code
  - Chargement dynamique de classes, y compris durant exécution

## Java-RMI

- RMI signifie Remote Method Invocation
- Introduit dès JDK 1.1
- Partie intégrante du cœur de Java (API + runtime support)
  - La partie publique de RMI est dans `java.rmi`
- RMI = RPC en Java + chargement dynamique de code
- Mêmes notions de stubs et skeletons qu'en RPC
- Fonctionne avec l'API de sérialization (utilisée également pour la persistance)
- Possibilité de faire interagir RMI avec CORBA et DCOM

Université Nice SOPHIA ANTIPOLIS

## Notions de base

- RMI impose une distinction entre
  - Méthodes locales
  - Méthodes accessibles à travers le réseau
  - Distinction dans
    - Déclaration
    - Usage (léger d'un point de vue syntaxe; moins "léger" d'un point de vue sémantique – voir un prochain cours)
- Un objet qui a des méthodes accessibles à distance est appelé objet distant
- Le stub (=proxy) est (type-) compatible avec l'objet appelé
  - Il a la "même tête"
- Le skeleton est générique

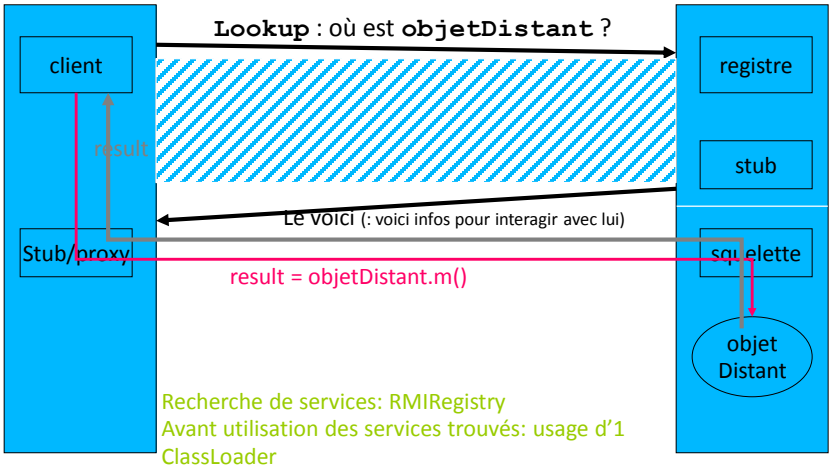
Université Nice SOPHIA ANTIPOLIS

## Du vocabulaire et quelques concepts

- Notions de stubs et skeletons (idem qu'en RPC)
  - *Proxy: (person with) authority or power to act for another "mandataire"*
  - *Stub: the short part of something which is let after the main part has been used or left, "morceau restant", "talon/souche"*
    - In distributed programming, the stub in most cases is an interface which is seen by the calling object as the "front-end" of the "remote proxy mechanism", i.e. "acts as a gateway for client side objects and all outgoing requests to server side objects that are routed through it".
    - The proxy object implements the Stub
  - *Skeleton: ossature, charpente*
    - In distributed programming, skeleton acts as gateway for server side objects and all incoming clients requests are routed through it
    - The skeleton understands how to communicate with the stub across the RMI link (>=JDK 1.2 –generic-- skeleton is part of the remote object implementation extending Server class, thanks to reflection mechanisms)

Université Nice SOPHIA ANTIPOLIS

## Interaction Objet Client <-> Objet ServDistant




Université Nice SOPHIA ANTIPOLIS

## Implémenter un objet distant

- Les seules méthodes accessibles à distance seront celles spécifiées dans l'interface Remote
  - Écriture d'une interface spécifique à l'objet, étendant l'interface `java.rmi.Remote`
- Chaque méthode distante doit annoncer lever l'exception `java.rmi.RemoteException`
  - Sert à indiquer les problèmes liés à la distribution
- L'objet distant devra fournir une implémentation de ces méthodes



## Implémenter un objet distant

```
import java.rmi.Remote;
import java.rmi.RemoteException;

public interface MonInterfaceDistante extends Remote {
      public void echo() throws RemoteException;
}
```

Cette interface indique que tout objet qui l'implémentera aura la méthode echo() qui sera appelable à distance

## Implémenter un objet distant

```
import java.rmi.Remote;
import java.rmi.RemoteException;
import java.rmi.server.UnicastRemoteObject;

public class MonObjetDistant extends UnicastRemoteObject
implements MonInterfaceDistante {

        public MonObjetDistant() throws RemoteException {}
        public void echo() throws RemoteException{
              System.out.println(« Echo »);
         }
}
```

- Classe de l'objet distant doit implémenter les méthodes de l'interface
- Avoir au moins un constructeur (avec ou sans paramètre) levantRemoteException
- Hériter de `java.rmi.server.UnicastRemoteObject`
- Ou autre sol, objet `obj` non RMI, exporté/exposé sur réseau avec :
  `MonInterfaceDistante od=UnicastRemoteObject.exportObject(obj,port)`
  - une classe support dont chaque instance sera associée à un port TCP (point entrée vers objet distant) **qu'on peut donc choisir** si port autre que 0

## Utiliser un objet distant

- Pour utiliser un objet distant il faut
  - Connaître à l'avance son interface !
  - Le trouver! (obtenir un stub/proxy implantant l'interface et indiquant la socket d'entrée vers hôte+port où tourne l'objet)
  - L'utiliser (=invoquer les méthodes offertes)
- RMI fournit un service de nommage permettant de localiser un objet par son nom : le registry (même hôte que l'objet distant)
  - L'objet s'y enregistre sous un nom « bien connu » (de tous)
  - Les clients demandent une référence vers cet objet via ce nom

## Utiliser un objet distant

```
import java.rmi.RemoteException;

public class Client {
       public static void main(String[] args) {
           MonInterfaceDistante mod = … // du code pour
           //trouver l'objet, cad mod est un stub/proxy vers l'objet
            try {
                mod.echo();
            } catch (RemoteException e) {
              e.printStackTrace();
            }
      }
}
```



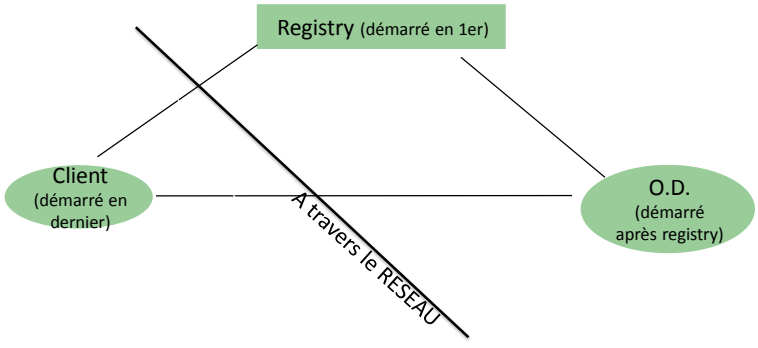
## Trouver un objet distant

- L'objet doit d'abord s'enregistrer dans le registry
  - Programme lancé préalablement sur la même machine que l'objet distant : rmiregistry (cmd livrée dans les bin du JDK)
  - Utilise le port 1099 par défaut, sinon ajouter numéro voulu
  - Possibilité de le démarrer depuis l'application (class LocateRegistry)
    - Création/localistation registry via java.rmi.registry:

      Registry r = LocateRegistry.createRegistry / getRegistry (numPort) ; r.rebind(nom)
- Il agit comme un service d'annuaire "en plus simple":
  - serveur de nommage (juste association nom->objet)
- Les noms, selon l'API utilisée: des URLs complètes ou partielles
  - protocole://machine:port/nom (rmi://localhost:2001/HelloWorld)
  - Protocole, machine et port sont optionnels
    - Objet toto sur la machine locale: ///toto
- Gestion accès registry via entre autres : classe java.rmi.Naming
  - L'objet distant appelle Naming.bind ou Naming.rebind, ou r.rebind
  - Le client appelle Naming.lookup ou r.lookup puis cast en interf Remote

## Démarrage d'une application RMI

- L'objet distant (O.D.) s'enregistre dans le registry
- Le client demande une **référence** de cet O.D. au registry
- La référence sert ensuite pour appeler les méthodes sur O.D. exposées via l'interface Distante






## Générer les stubs et skeletons

- Une fois l'objet distant écrit, il est possible de générer les classes des stubs (et des skeletons -> plus la peine depuis JDK 1.2)
- Outil fourni dans l'outillage Java: rmic
- Prend le nom complet de la classe distante (package+nom) et travaille sur le fichier compilé (.class)
- Génère 2 (ou juste 1) fichiers (même nom classe _Stub et _Skel)
- Ne met dans le stub que les méthodes spécifiées dans l'interface distante
- Possibilité de voir le code source avec l'option –keep (instructif!)
  - rmic -keep className
- Plus nécessaire depuis JDK1.5 d'invoquer explicitement rmic
  - Invocation à rmic faite côté machine serveur à chaque demande d'enregistrement de la référence de l'objet distant dans le rmiregistry

## RMI: la pratique en résumé

- Écrire l'interface distante
- Écrire le code de l'objet distant (une seule classe ou une par item ci-après)
  - Implémenter l'interface (et étendre UnicastRemoteObject)
  - Ajouter le code pour le registry (en général dans le main ou le constructeur)
- Compiler
- Générer les stub et skeleton (optionnel)

- Écrire le client
  - Obtenir une référence vers l'objet distant
  - Utiliser ses méthodes distantes
- Compiler

- Exécuter:
  - Démarrer le rmiregistry PUIS Démarrer le serveur
  - Démarrer le client
  - Debugger :)



## Résumé - RMI

- Un objet accessible à distance (objet distant) doit
  - Avoir une interface qui étend `Remote` et dont les méthodes lèvent une `RemoteException`
  - Sous classer `UnicastRemoteObject` et avoir un constructeur sans paramètre levant une `RemoteException`
- Pour trouver une référence vers un objet distant, on (peut) passe(r) par un service de nommage, le RMIregistry
  - Sinon, c'est qu'on a obtenu la reference en réponse d'un appel de méthode sur un (autre) objet distant

# 2) Compléments RMI



## Passage de paramètres

- Le but de RMI est de masquer la distribution
- Idéalement, il faudrait avoir la même sémantique pour les passages de paramètre en Java centralisé et en RMI
- C'est-à-dire passage par copie
  - Copie de la valeur pour les types primitifs
  - Copie de la référence pour les objets (en C, c'est équivalent à passer un pointeur, i.e. la valeur de l'adresse de l'objet en mémoire)
    - Par abus de langage, on dit "passage par référence"
- En Java, on ne manipule jamais des objets!
  - La valeur d'une variable est soit un type primitif, soit une référence (adresse mémoire) vers un objet

## Passage de paramètres

```
public void foo(int a) {
   a=a+1;
}
```

```
public class MonInt {
  public int i;
  .....
}
public void foo(MonInt a) {
   a.i=a.i+1;
}
```

```
int x = 10;
foo(x);
// que vaut x ici? … tjs 10…
```

```
MonInt x = new MonInt(10);
foo(x);
// que contient x ici? … 11
```



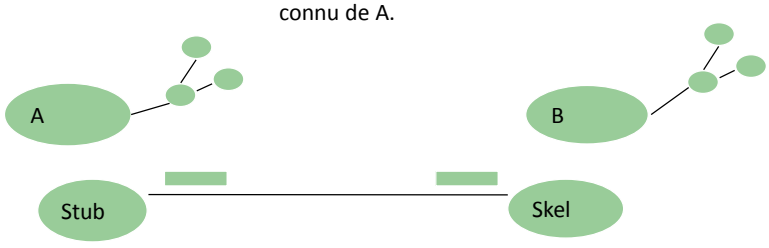
## Passage de paramètres

- Peut-on faire la même chose en RMI ?
- Très facile pour les types primitifs, il suffit de les envoyer sur le réseau, ils sont automatiquement copiés
  - C'est le rôle du stub lorsque le client invoque une méthode du serveur, et veut passer les valeurs de ces types primitifs en paramètre
- Plus compliqué pour les objets, car il faudrait
  - Envoyer la valeur de l'objet (facile objet sérialisable)
  - Ramener les éventuelles modifications (traitement ad-hoc)
  - Gestion de la concurrence (des modifs côté serveur) non triviale
- Mais on peut avoir besoin d'un passage par référence
  - RMI le permet, seulement pour des références vers des objets distants
  - C'est quoi une référence vers un objet distant? Son Stub!
  - Il suffit donc de simplement copier le stub

# Passage de paramètres

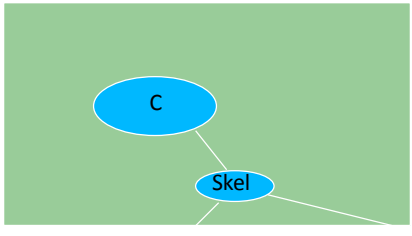
- Un objet référencé non RMI, est passé par copie profonde

Ex: A appelle une méthode sur B, avec un paramètre correspondant à un objet qui est connu de A.



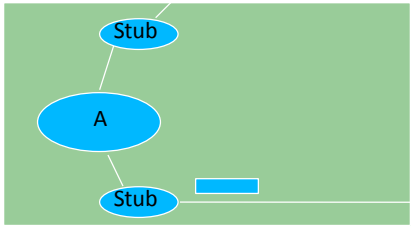


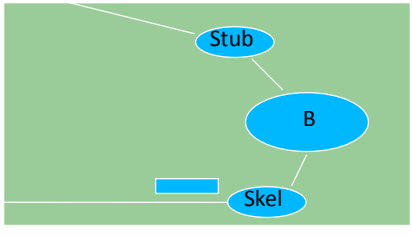

# Passage de paramètres




Les références distantes sont passées par copie du stub

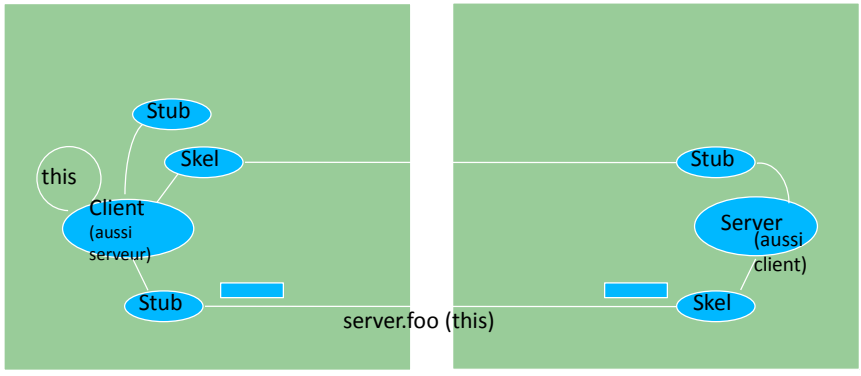
Ex: A appelle une méthode sur B, avec un paramètre correspondant à C (qui est lui même un objet distant)



# Passage de paramètres

Une référence locale d'un objet remote est automatiquement convertie en référence distante





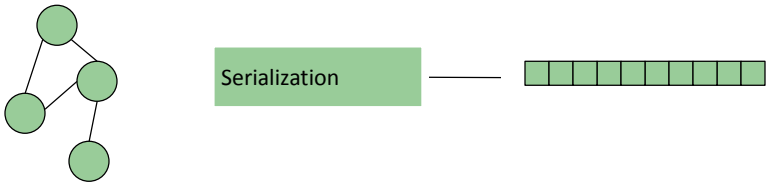

# Résumons

- Toute variable de type primitif est passée par copie
- Tout objet est passé par copie
- Tout objet distant (abus de langage, on devrait dire référence distante) est passé par référence

- Mais comment copier un objet?
  - Il ne faut pas copier que l'objet
  - Il faut aussi copier toutes ses références
- Très fastidieux à faire à la main
- Heureusement, une API le fait pour nous: la Serialization

# La Sérialisation

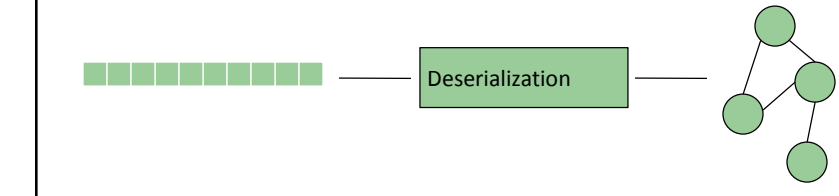
- Mécanisme générique transformant un graphe d'objets en flux d'octets
  - L'objet passé en paramètre est converti en tableau
  - Ainsi que tout ceux qu'il référence
  - Processus récursif (copie profonde)
- Fonctionnement de base
  - Encode le nom de la classe
  - Encode les valeurs des attributs





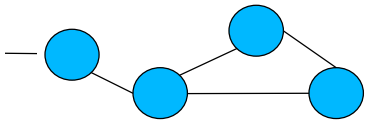

# La Désérialisation

- Processus symétrique de la sérialisation
  - Prend en entrée un flux d'octets
  - Crée le graphe d'objet correspondant
- Fonctionnement de base
  - Lit le nom de la classe
  - Fabrique un objet de cette classe (suppose qu'on a donc la classe!)
  - Lit les champs dans le flux, et met à jour leur valeur dans la nouvelle instance



# Gestion des cycles

- La sérialisation est un processus récursif
- Que se passe-t-il quand il y a un cycle dans le graphe d'objets?

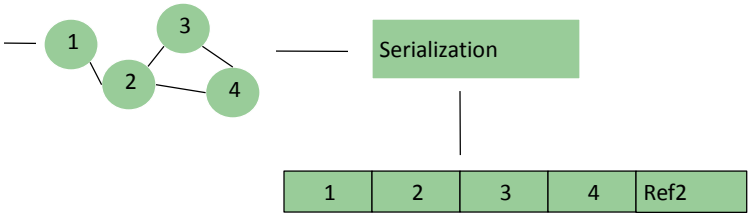


Un algorithme naïf bouclerait à l'infini
Solution:
Repérer les cycles
La sérialisation se souvient des objets déjà sérialisés
Si on veut en sérialiser un à nouveau, alors met juste une référence



# Gestion des cycles

- Le flux contient donc 3 types d'information
  - Le nom de la classe
  - Les valeurs des attributs
  - Des références vers d'autres parties du flux



## Utiliser la sérialisation

- Par défaut, un objet n'est pas sérialisable
  - Problème de securité: la sérialisation ignore les droits d'accés (les champs même private sont quand même sérialisés…)
  - Levée d'une NotSerializableException
- Il faut donc explicitement indiquer qu'un objet est sérialisable
- Marquage au niveau de la classe
  - Toutes les instances seront sérialisables
  - Les sous classes d'une classe sérialisable sont sérialisables
- Utilisation de l'interface java.io.Serializable
  - Interface marqueur : aucune méthode à implémenter



## Utiliser la sérialisation

- RMI fait appel à la sérialisation
  - Totalement transparent
- Mais on peut aussi l'utiliser manuellement
  - Très pratique pour copier des objets
- Étapes
  - Bien vérifier que les objets sont sérialisables
  - Créer des flux d'entrée et de sortie (input et output streams)
  - Utiliser ces flux pour créer des flux objets (object input et object output streams)
  - Passer l'objet à copier à l'object output stream
  - Le lire depuis l'object input stream

# Exemple: Comment utiliser la sérialisation

```
static public Object deepCopy(Object oldObj) throws Exception
{
   ObjectOutputStream oos = null;
   ObjectInputStream ois = null;
   try {
     ByteArrayOutputStream bos = new ByteArrayOutputStream();
      oos = new ObjectOutputStream(bos);
      // serialize and pass the object
     oos.writeObject(oldObj);
     oos.flush();

      ByteArrayInputStream bin = new ByteArrayInputStream(bos.toByteArray());
       ois = new ObjectInputStream(bin);
     // return the new object
     return ois.readObject();
   }
   catch(Exception e)  {
      System.out.println("Exception in ObjectCloner = " + e);
      throw(e);
   }
   finally {
      oos.close();
      ois.close();
   }
}
```



# Contrôler la sérialisation

- Marquer une classe avec l'interface Serializable indique que tout ses champs seront sérialisés
- Pas forcément acceptable
  - Sécurité
  - Efficacité (pourquoi copier ce qui pourrait être recalculé plus rapidement?)
- Possibilité de contrôle plus fin
  - Marquage d'attributs comme étant non sérialisables: mots clé *transient*
  - Donner à un objet la possibilité de se sérialiser

## Contrôler la sérialisation

- Pour modifier la sérialisation par défaut, il faut implémenter 2 méthodes dans la classe de l'objet
  - `writeObject()` : sérialisation
  - `readObject()` : désérialisation
- Leur signature est
  - `private void writeObject(ObjectOutputStream s) throws IOException`
  - `private void readObject(ObjectInputStream o) throws ClassNotFoundException,IOException`
- Elles seront automatiquement appelées et remplaceront le comportement par défaut
- On écrit dans ces méthodes du code spécifique à la classe dont l'objet est instance



## Contrôler la sérialisation

- Dans les méthodes readObject/writeObject il est possible de tout faire
  - pas de limitation théorique
  - Manipulation/modification des attributs de l'objet possibles
- Basé sur les flots (streams de java.io)
  - Implémentation FIFO
  - Donc lecture à faire dans le même ordre que l'écriture
- Symétrie
  - Normalement, lire tout ce qui a été écrit
  - En pratique, RMI délimite le flux et évite les mélanges

## Écriture - Lecture

- Utilisation des méthodes de ObjectOutputStream et ObjectInputStream
  - Types primitifs
    - {write|read}Double, {write|read}Int…
  - Objets
    - {write|read}Object
    - Provoque une nouvelle serialization
- Possible de rappeler l'ancienne implémentation
  - Méthodes defaultWriteObject() et defaultReadObject() des streams
  - Très pratique pour ajouter une fonctionnalité



## Exemple 1: reproduire le comportement par défaut

```
public class Defaut implements Serializable {
  public Defaut() { }

  private void writeObject(ObjectOutputStream s) throws
                                                IOException {
        s.defaultWriteObject();
    }

private void readObject(ObjectInputStream s) throws
                          IOException, ClassNotFoundException {
     s.defaultReadObject();
  }
}
```

## Exemple 2: sauvegarde d'un entier

```
public class Defaut implements Serializable {
   private int valeur;
   private double valeur2
   public Defaut() { }

   private void writeObject(ObjectOutputStream s) throws
                                                IOException {
        s.writeInt(valeur);
    }

   private void readObject(ObjectInputStream s) throws
                       IOException, ClassNotFoundException {
     valeur = s.readInt();
  }
}
```



## Sérialisation et héritage

- Les sous classes d'une classe sérialisable sont sérialisables
- Mais une classe peut-être sérialisable, alors que son parent ne l'est pas
  - La sous-classe est responsable de la sauvegarde/restauration des champs hérités
  - Lors de la désérialisation, les constructeurs sans paramètres seront appelés pour initialiser les champs non sérialisables
    - Le constructeur de la classe parent sera donc appelé, etc
- Source de bugs difficiles à identifier