Master Informatique M1

Introduction aux objets répartis
Java RMI

Sacha Krakowiak
Université Joseph Fourier
Projet Sardes (INRIA et IMAG-LSR)

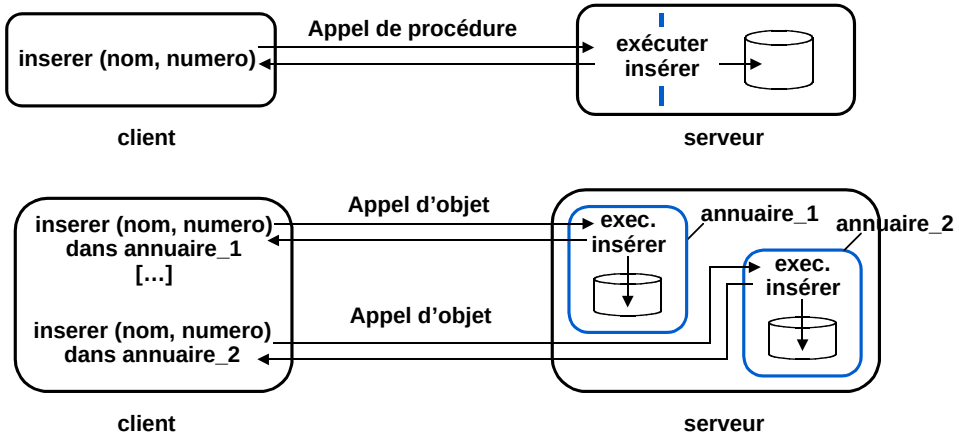
http://sardes.inrialpes.fr/people/krakowia

Intérêt des objets pour la construction d'applications réparties

- **Encapsulation**
  - L'interface (méthodes + attributs) est la seule voie d'accès à l'état interne, non directement accessible
- **Classes et instances**
  - Mécanismes de génération d'exemplaires conformes à un même modèle
- **Héritage**
  - Mécanisme de spécialisation : facilite récupération et réutilisation de l'existant
- **Polymorphisme**
  - Mises en œuvre diverses des fonctions d'une interface
  - Remplacement d'un objet par un autre si interfaces "compatibles"
  - Facilite l'évolution et l'adaptation des applications

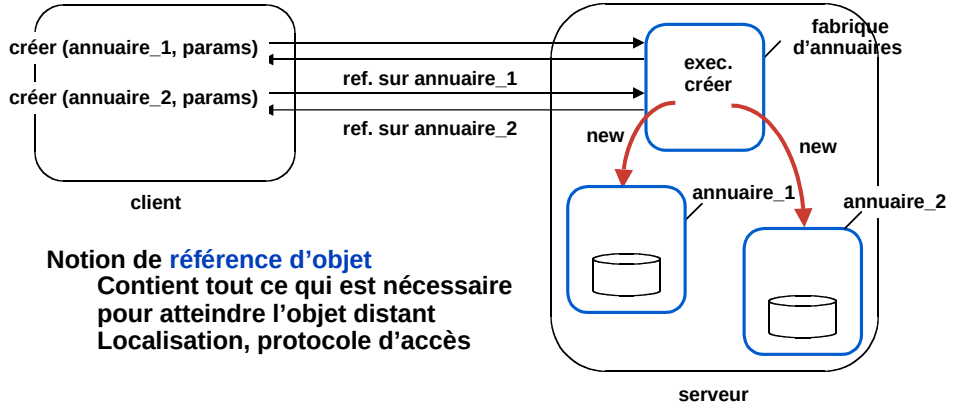
Extension du RPC aux objets (1)

- **Appel de procédure vs appel de méthode sur un objet**
  - Exemple : insérer une entrée dans un annuaire



Extension du RPC aux objets (2)

- **Phase préalable : création d'instances d'une classe d'objects**
  - Notion de fabrique (factory)



Notion de référence d'objet
Contient tout ce qui est nécessaire pour atteindre l'objet distant
Localisation, protocole d'accès

Java RMI (*Remote Method Invocation)*

- **Motivation : construction d'applications réparties avec Java**
  - Appel de méthode au lieu d'appel de procédure
- **Principe : même schéma que RPC**
  - Le programmeur fournit
    - Une (ou plusieurs) description(s) d'interface
      - Ici pas d'IDL séparé : Java sert d'IDL
    - Le programme du serveur
      - Objets réalisant les interfaces
      - Serveur
    - Le programme du client
  - L'environnement Java fournit
    - Un générateur de talons (rmic)
    - Un service de noms (Object Registry)

voir http://java.sun.com/docs/books/tutorial/rmi/

Java RMI : règles d'usage (1/2)

- **Interface**
  - L'interface d'un objet distant (Remote) est celle d'un objet Java, avec quelques règles d'usage :
  - L'interface distante doit être publique
  - L'interface distante doit étendre l'interface java.rmi.Remote
  - Chaque méthode doit déclarer au moins l'exception java.rmi.RemoteException
- **Passage d'objets en paramètre**
  - Les objets locaux sont passés par valeur (copie) et doivent être sérialisables (étendent l'interface java.io.Serializable)
  - Les objets distants sont passés par référence et sont désignés par leur interface

Java RMI : règles d'usage (2/2)

- **Réalisation des classes distantes (Remote)**
  - Une classe distante doit implémenter une interface elle-même distante (Remote)
  - Une classe distante doit étendre la classe java.rmi.server.UnicastRemoteObject (d'autres possibilités existent)
  - Une classe distante peut aussi avoir des méthodes appelables seulement localement (ne font pas partie de son interface Remote)

Java RMI : règles d'écriture du serveur

- **Un serveur est une classe qui implémente l'interface de l'objet distant**
  - Spécifier les références distantes qui doivent être implémentées (objets passés en paramètres)
  - Définir le constructeur de l'objet distant
  - Fournir la réalisation des méthodes appelables à distance
  - Créer et installer le gestionnaire de sécurité
  - Créer au moins une instance de la classe serveur
  - Enregistrer au moins une instance dans le serveur de noms

Java RMI : exemple (*Hello world*)

Définition d'interface

```
import java.rmi.*;
public  interface HelloInterface
   extends Remote {

  /* méthode qui imprime un message
     prédéfini dans l'objet appelé */

  public String sayHello ()
            throws java.rmi.RemoteException;
}
```

Classe réalisant l'interface

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

/* le constructeur */
            public Hello (String s)
                        throws RemoteException
                        {
                           message = s ;
                        } ;

/* l'implémentation de la méthode */
            public String sayHello ()
                        throws RemoteException
                        {
                           return message ;
                        } ;


}
```


Java RMI : exemple (Hello world)

Programme du client

```
import java.rmi.*;
public class HelloClient {
  public  static void main (String [ ] argv) {

    /* lancer SecurityManager */

    System.setSecurityManager (
            new RMISecurityManager ()) ;

    try {

    /* trouver une référence vers l'objet distant */
      HelloInterface hello =
            (HelloInterface) Naming.lookup
               ("rmi://goedel.imag.fr/Hello1") ;

     /* appel de méthode à distance */
      System.out.println (hello.sayHello()) ;

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

Programme du serveur

```
import java.rmi.*;
public class HelloServer {
  public  static void  main (String [ ] argv) {

    /* lancer SecurityManager */

    System.setSecurityManager (
            new RMISecurityManager ()) ;

    try {

    /* créer une instance de la classe Hello et
       l'enregistrer dans le serveur de noms */
    Naming.rebind ("Hello1",
            new Hello ("Hello world !")) ;
    System.out.println ("Serveur prêt.") ;

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


Java RMI : Étapes de la mise en œuvre (1/2)

- **Compilation**
  - Sur la machine serveur : compiler les interfaces et les programmes du serveur

    `javac  HelloInterface.java Hello.java HelloServer.java`
  - Sur la machine serveur : créer les talons client et serveur pour les objets appelés à distance (à partir de leurs interfaces) - ici une seule classe, Hello

    `rmic -keep Hello`

    N.B. cette commande construit et compile les talons client Hello_Stub.java et serveur Hello_Skel.java. L'option -keep permet de garder les sources de ces talons
  - Sur la machine client : compiler les interfaces et le programme client

    `javac HelloInterface.java HelloClient.java`

    N.B. il est préférable de regrouper dans un fichier .jar les interfaces des objets appelés à distance, ce qui permet de les réutiliser pour le serveur et le client - voir TP

Java RMI : Étapes de la mise en œuvre (1/2)

- **Exécution**
  - Lancer le serveur de noms (sur la machine serveur)

    `rmiregistry &`

    N.B. Par défaut, le registry écoute sur le port 1099. Si on veut le placer sur un autre port, il suffit de l'indiquer, mais il faut aussi modifier les URL en conséquence : rmi://<serveur>:<port>/<répertoire>
  - Lancer le serveur

    `java -Djava.rmi.server.codebase=http://goedel.imag.fr/<répertoire des classes>`
    `-Djava.security.policy=java.policy HelloServer &`

    N.B. Signification des propriétés (option -D) :
    - Le contenu du fichier java.policy spécifie la politique de sécurité, cf plus loin.
    - L'URL donnée par codebase sert au chargement de classes par le client
  - Lancer le client

    `java -Djava.security.policy=java.policy  HelloClient`

    N.B. Le talon client sera chargé par le client depuis le site du serveur, spécifié dans l'option codebase lors du lancement du serveur

Sécurité

Motivations

- La sécurité est importante lorsqu'il y a téléchargement de code (il peut être dangereux d'exécuter le code chargé depuis un site distant)

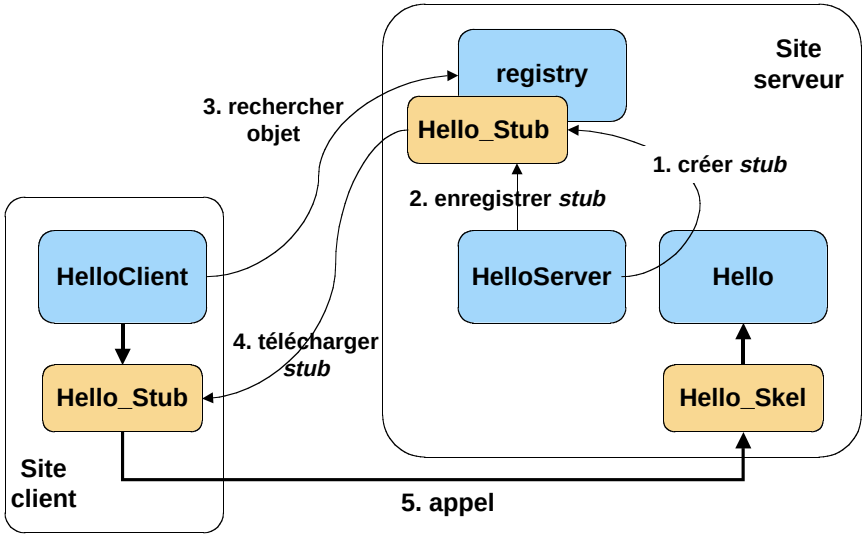
Mise en œuvre

- La politique de sécurité spécifie les actions autorisées, en particulier sur les *sockets*
- Exemple de contenu du fichier java.policy

```
grant {
   permission java.net.SocketPermission "*:1024-65535",
      "connect,accept";
   permission java.net.SocketPermission "*:80", "connect";
};
```

- Permet d'utiliser les *sockets* comme indiqué. Toute autre utilisation est interdite

Fonctionnement d'ensemble de Java RMI



Fabrique d'objets (*Factory*)

Motivation

- Permettre au client de construire des instances multiples d'une classe *C* sur le site serveur
- Le *new* n'est pas utilisable tel quel (car il ne gère que la mémoire locale, celle du client)
- Solution : appel d'un objet *FabriqueC*, qui crée localement (sur le serveur) les instances de *C* (en utilisant *new C*)

Exemple

```
public interface Annuaire extends Remote{
    public String titre;
  public boolean inserer(String nom, Info info)
            throws RemoteException, ExisteDeja;
  public boolean supprimer(String nom)
            throws RemoteException, PasTrouve;
  public Info rechercher(String nom)
            throws RemoteException, PasTrouve;
}
```

```
import java.rmi.*
 public interface FabAnnuaire extends Remote{
   public Annuaire newAnnuaire(String titre)
            throws RemoteException ;
}
```

```
public class Info implements Serializable {
   public String adresse;
   public int num_tel ;
}
public class ExisteDeja extends Exception{} ;
public class PasTrouve extends Exception{} ;
```


Mise en œuvre d'une fabrique

```
public class AnnuaireImpl implements Annuaire
            extends UnicastRemoteObject{
  private String  letitre;
  public Annuaire(String titre) {
            this.letitre=titre};
  public String titre {return letitre};
  public boolean inserer(String nom, Info info)
            throws RemoteException, ExisteDeja{
  …};
  public boolean supprimer(String nom)
            throws RemoteException, PasTrouve{
  …};
  public Info rechercher(String nom)
            throws RemoteException, PasTrouve{
…};
}
```

La classe annuaire

```
public class FabAnnuaireImpl implements FabAnnuaire
            extends UnicastRemoteObject{
  public FabAnnuaireImpl{};
  public Annuaire newAnnuaire(String titre)
            throws RemoteException {
        return new AnnuaireImpl(titre)};
}
```

← La classe fabrique

```
import java.rmi.*;
public class Server {
  public  static void  main (String [ ] argv)
{
    /* lancer SecurityManager */

    System.setSecurityManager (
            new RMISecurityManager ()) ;

    try {

       Naming.rebind ("Fabrique",
            new (FabAnnuaireImpl)) ;
    System.out.println ("Serveur prêt.") ;

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

Le serveur

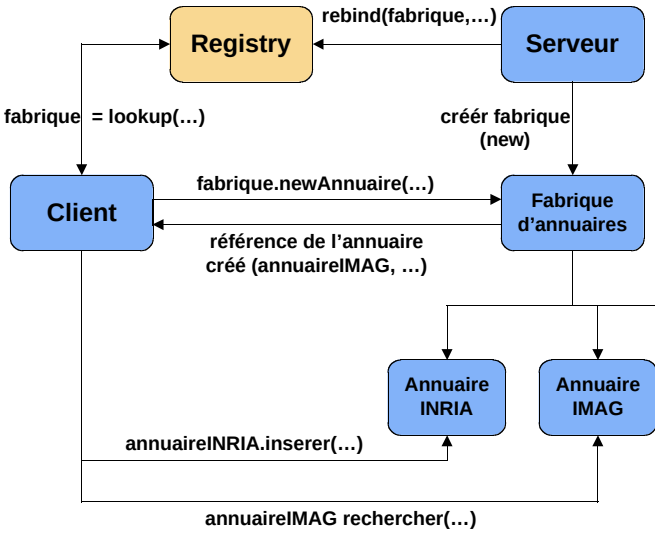
Utilisation de la fabrique

Programme client

```
import java.rmi.*;
public class HelloClient {
  public  static void main (String [ ] argv) {

    /* lancer SecurityManager */

    System.setSecurityManager (
            new RMISecurityManager ()) ;

    try {

    /* trouver une référence vers la fabrique */
      FabAbannuaire fabrique  =
            (FabAbannuaire ) Naming.lookup
                ("rmi://goedel.imag.fr/Fabrique") ;

     /* créer un annuaire */
      annuaireIMAG = fabrique.newAnnuaire("IMAG");
     /* créer un autre annuaire */
      annuaireINRIA= fabrique.newAnnuaire("INRIA");
```

```
    /* utiliser les annuaires */
    annuaireIMAG.inserer(..., ...);
    annuaireINRIA.inserer(..., ...);
    ....

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


Fonctionnement d'ensemble de la fabrique

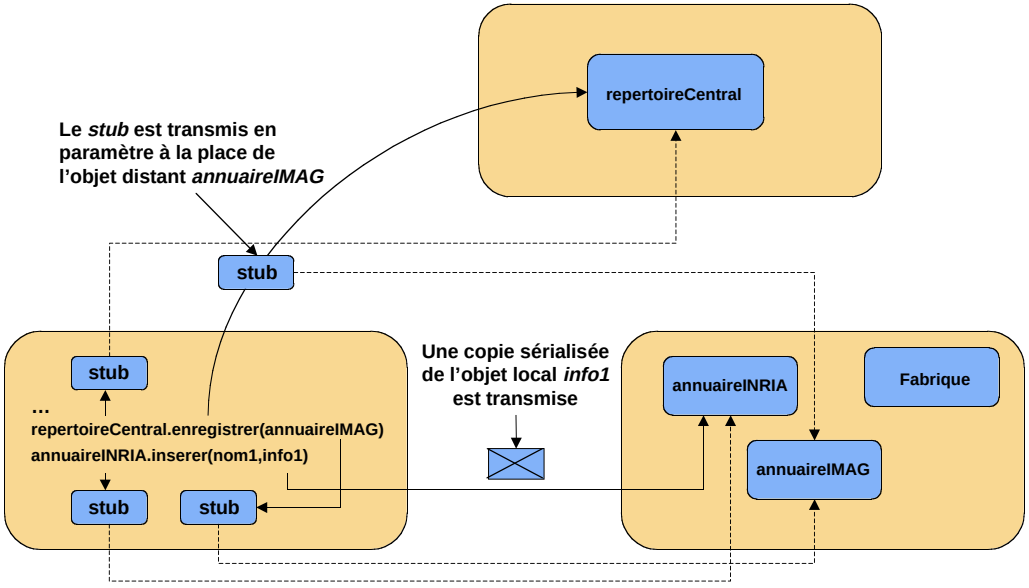


Noter les deux manières d'obtenir une référence d'objet distant
- par consultation du *registry*
- par création via une fabrique

Passage d'objets en paramètre (1)

- **Deux cas possibles**
  - Passage en paramètre d'un objet local (sur la JVM de l'objet appelant)
    - Passage par valeur : on transmet une copie de l'objet (plus précisément : une copie de l'ensemble ses variables d'état) Pour cela l'objet doit être sérialisable (i.e. implémenter l'interface *java.io.Serializable*)
    - Exemple de l'annuaire : le client transmet un objet de la classe locale *Info*
  - Passage en paramètre d'un objet non-local (hors de la JVM de l'objet appelant, par ex. sur un site distant)
    - Passage par référence : on transmet une référence sur l'objet (plus précisément : un *stub* de l'objet). Le destinataire utilisera ce *stub* pour appeler les méthodes de l'objet.
    - Exemple de l'annuaire : le client passe un objet de type *Annuaire* (localisé sur le serveur distant)

Passage d'objets en paramètre : illustration



Passage d'objets en paramètre (2)

- **Notions sur les objets sérialisables**
  - Un objet sérialisable (transmissible par valeur hors de sa JVM) doit implémenter l'interface *java.io.Serializable*. Celle-ci est réduite à un marqueur (pas de variables ni d'interface)
  - Les objets référencés dans un objet sérialisable doivent aussi être sérialisables
  - Comment rendre effectivement un objet sérialisable ?
    - Pour les variables de types primitifs (int, boolean, …), rien à faire
    - Pour les objets dont les champs sont constitués de telles variables : rien à faire
    - On peut éliminer une variable de la représentation sérialisée en la déclarant *transient*
    - Pour un champ non immédiatement sérialisable (ex. : *Array*),il faut fournir des méthodes *readObject()* et *writeObject()*
  - Exemples de sérialisation : passage en paramètres, écriture sur un fichier. Le support de sérialisation est un *stream* (flot) : classes *java.io.ObjectOutputStream* et *java.io.ObjectInputStream*.

Pour des détails techniques : voir javadoc de l'interface *Serializable* et des classes *ObjectOutputStream* et *ObjectInputStream*

Notions sur le fonctionnement interne de Java RMI (1)

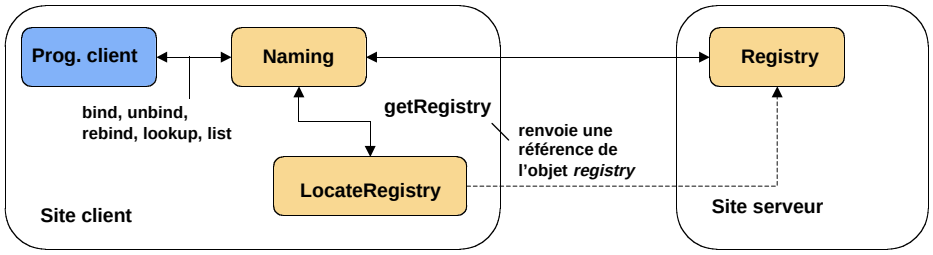
- **La classe *UnicastRemoteObject***
  - Rappel de la règle d'usage : une classe d'objets accessibles à distance étend la classe *java.rmi.UnicastRemoteObject*.
    - Le principale fonction de cette classe se manifeste lors de la création d'une instance de l'objet.

```
public class AnnuaireImpl extends UnicastRemoteObject {…}

   AnnuaireImpl (…) {          // le constructeur de C appelle automatiquement
                               // le constructeur de la superclasse UnicastRemoteObject
    …
  monAnnuaire = new AnnuaireImpl (…) ;
```

    - Le constructeur crée une instance de *stub* pour l'objet (en utilisant la classe *Annuaire_Stub* engendrée par *rmic*, et retourne ce *stub* comme résultat de la création
- **Le contenu d'un *stub***
  - Un *stub* contient essentiellement une variable *ref* de type *RemoteRef* qui contient la localisation de l'objet (adresse IP, port)
  - Un appel de méthode se fait par appel de *ref.invoke(…)* qui utilise les sockets pour la communication

Notions sur le fonctionnement interne de Java RMI (2)

- **Le serveur de noms (*registry*)**
  - Classes utiles (fournies par *java.rmi*)
    - *Naming* : sert de représentant local du serveur de noms. Permet d'utiliser les méthodes *bind(), rebind(), lookup(), unbind(), list()*
    - *LocateRegistry* : permet de localiser un serveur de noms (*rmiregistry*) et éventuellement d'en créer un. En général invisible au client (appelé en interne par *Naming*)



Conclusion sur Java RMI

- **Extension du RPC aux objets**
  - Permet l'accès à des objets distants
  - Permet d'étendre l'environnement local par chargement dynamique de code
  - Pas de langage séparé de description d'interfaces (IDL fourni par Java)
- **Limitations**
  - Environnement restreint à un langage unique (Java)
    - Mais passerelles possibles, en particulier RMI/IIOP
  - Services réduits au minimum
    - Service élémentaire de noms (sans attributs)
    - Pas de services additionnels
      - Duplication d'objets
      - Transactions
      - …

Compléments

Tout n'a pas été traité ici. Il reste des points complémentaires, dont certains seront vus lors des TP

Parallélisme sur le serveur

- **Un serveur RMI peut servir plusieurs clients. Dans ce cas, un *thread* séparé est créé pour chaque client sur le serveur. C'est au développeur du programme serveur d'assurer leur bonne synchronisation (exemple : méthodes *synchronized*) pour garantir la cohérence des données)**

Activation automatique de serveurs

- **Un veilleur (*demon*) spécialisé, *rmid*, peut assurer le lancement de plusieurs classes serveur sur un site distant (cette opération est invisible au client)**

Téléchargement de code

- **Un chargeur spécial (*ClassLoader*) peut être développé pour assurer le téléchargement des classes nécessaires (cf TP)**