Systèmes répartis : CORBA

Fabrice Rossi

http://apiacoa.org/contact.html.

Université Paris-IX Dauphine

Plan

1. Architecture et modèle objet
2. *Interface Definition Language*
3. Accès à l'ORB
4. *Naming Service*
5. Processus de développement

CORBA

- **LE** standard pour les systèmes répartis objets
- *Common Object Request Broker Architecture*
- norme produite par l'*Object Management Group* (`http://www.omg.org`) et X/Open
- version actuelle 3.0 (décembre 2002), mais en pratique 2.6
- construit à partir de l'*Object Management Architecture* (qui définit entre autre le modèle objet utilisé par CORBA)
- composants :
  - un modèle objet
  - un bus logiciel pour faire dialoguer les objets (l'*Object Request Broker*, 1190 pages de spécifications à lui tout seul !)
  - un ensemble de services (publication, activation, etc.)
  - un ensemble de *facilities* (groupes de services)

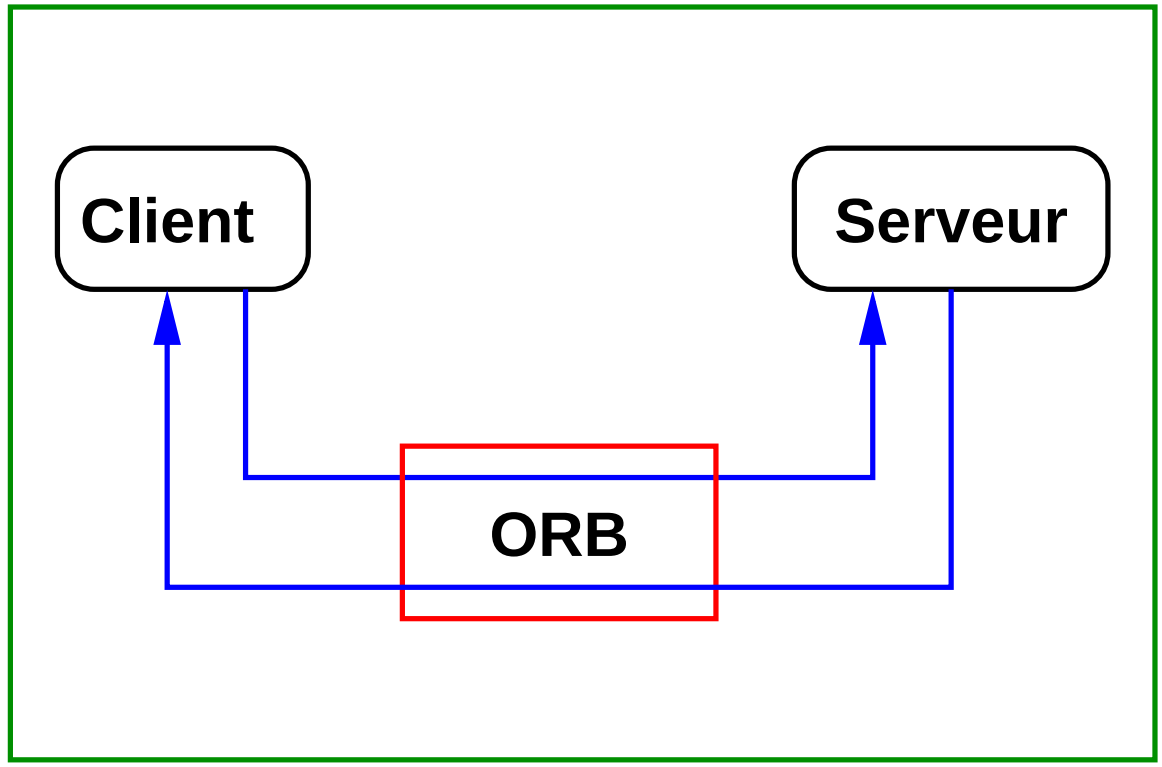
Remarque : terminologie un peu lourde...

Principe du bus logiciel

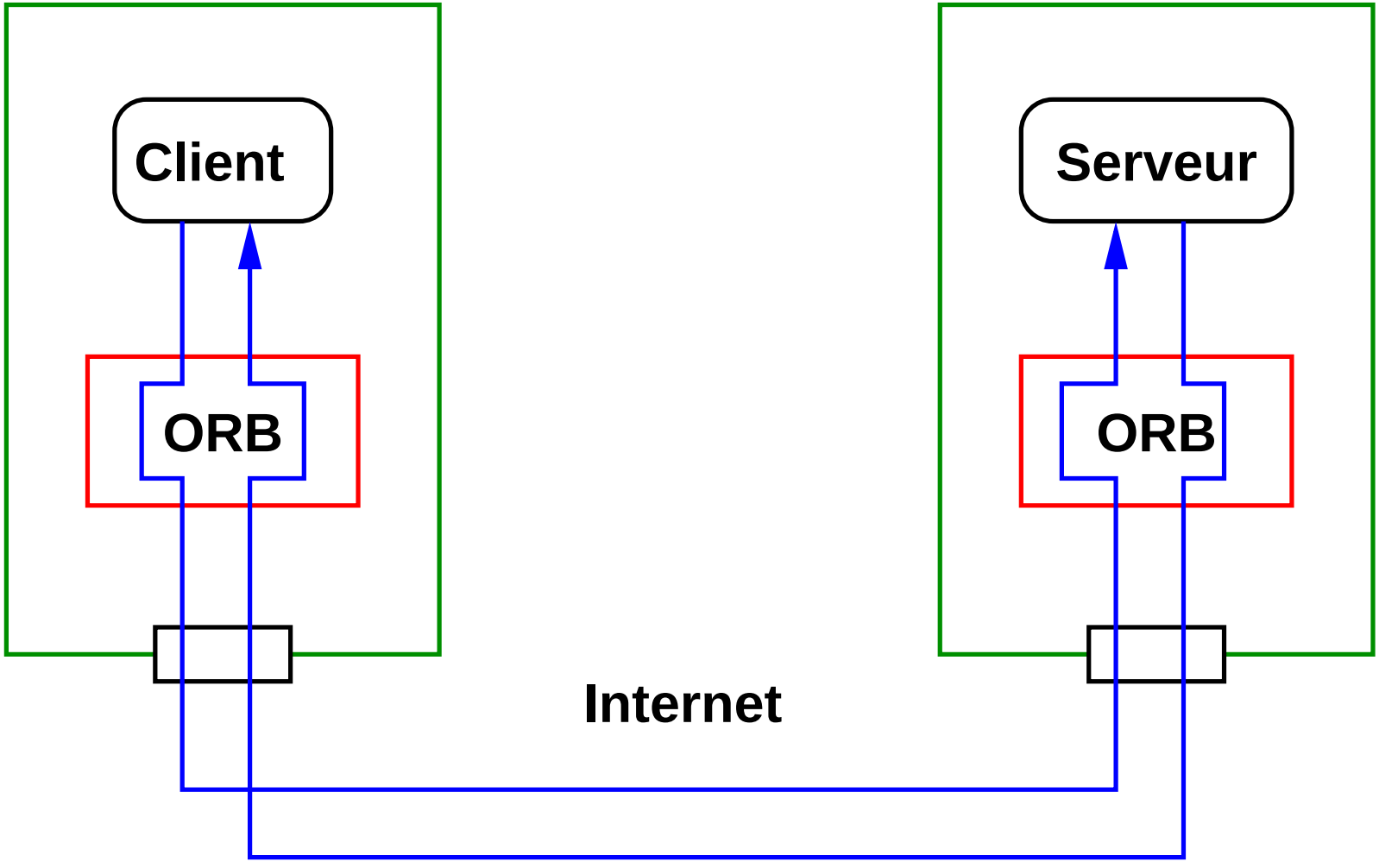
L'ORB est un bus logiciel :

- tout appel depuis un client vers un serveur passe obligatoirement par au moins un ORB qui se charge de tout :
  - localisation et activation du serveur
  - indépendance par rapport au langage, au système et au hardware
  - transparence réseau
- les ORBs communiquent entre eux par le *General Inter-Orb Protocol*, très souvent la version TCP/IP : *Internet Inter-Orb Protocol* (IIOP)
- communications client et ORB : *stubs* et API directe (appel à certains services)
- communications serveur et ORB : *skeleton*, *Object Adapter* et API

Une seule machine



Deux machines



Organisation des spécifications CORBA

- un modèle objet
- un langage pour décrire les objets (IDL)
- une traduction de l'IDL vers les langages classiques (C, `Java`, etc.)
- des APIs :
  - décrites en IDL et associées à une sémantique précise
  - pour l'ORB (fonctions du noyau CORBA)
  - pour les *Object Adapters* (pour l'implémentation concrète des objets CORBA)
  - pour les services et les *facilities*
- des spécifications de plus bas niveau pour assurer l'interopérabilité entre les ORBs (GIOP et IIOP par exemple)
- un modèle de composants (*CORBA Component Model*) de type entreprise Java Bean, mais indépendants du langage (depuis la version 3.0)

Le modèle objet de CORBA

Version “concrète” du modèle “abstrait” de OMA :

- un objet est une entité identifiable (par une **référence** (au sens CORBA)) qui propose une ou plusieurs **opérations**
- un client peut envoyer à un objet une **requête** destinée à une opération (ou service) de l’objet
- une requête peut avoir des **paramètres** :
  - des valeurs ou des références vers des objets
  - trois modes de passage : en entrée, en sortie ou mixte
- les objets et les paramètres des requêtes possèdent des **types** :
  - types de base classiques : entiers, réels, booléen et caractères ;
  - types de base plus évolués : chaînes de caractères et `any` (joker) ;
  - types évolués : *structs*, unions et tableaux ;
  - types objets : interfaces (abstraites ou non) et “valeurs”.

Objets “valeurs”

- CORBA de base : objets manipulés par référence
- depuis 2.3, objets avec sémantique valeur (*value type*)
- attention, la sémantique de passage est liée au type
- un *value type* peut proposer :
  - des opérations
  - des données privées et/ou publiques
- problèmes subtils :
  - CORBA est multilangage : sémantique différente selon le langage ?
  - interface d’un *value type* : une forme de spécification
  - requête sur une opération : appel **local**

Aspect dynamique

CORBA est très dynamique, comme C++ (RTTI) et Java (réflexion) :

- *Dynamic Invocation Interface* :
  - côté client
  - permet de faire une requête sans passer par les *stubs*
  - principe : création d'un "objet" `Request` et d'une liste de paramètres
- *Dynamic Skeleton Interface* :
  - côté serveur
  - permet d'implémenter une interface sans passer par les *skeletons*
  - même principe que pour le client : `ServerRequest` et liste de paramètres

Aspect dynamique (2)

- *Interface Repository*
  - stockage persistant de définition d'interfaces par l'ORB
  - même principe que la réflexion `Java`
  - divers objets décrivent les interfaces et les types disponibles
- *Dynamic Any*
  - DII et DSI concernent les objets, `DynAny` correspond aux types classiques traités par le joker `any`
  - permet l'obtention du type réel de la valeur, l'extraction de valeur, la construction de valeur, etc.

Implémentation d'un objet

Partie très subtile de CORBA :

- les langages cibles ne sont pas tous orientés objets : un objet CORBA n'est pas obligatoirement représenté par un objet
- un domestique (*servant*) est un "truc" (un objet dans un langage OO) qui implémente un ou plusieurs objets CORBA :
  - l'idée de base est qu'une requête à un objet CORBA peut être traitée par un domestique alors que la requête suivante sera traitée par un autre domestique
  - de plus, un même domestique peut répondre à des requêtes correspondant à des objets différents
- l'association objet/domestique est gérée grâce à un *Object Adapter*, en particulier le *Portable Object Adapter*
- le POA propose en plus l'activation et la persistence des objets

Interface Definition Language

IDL :

- langage permettant de décrire les interfaces des objets CORBA
- purement déclaratif
- associé à une traduction officielle (*mapping*) vers la plupart des langages classiques (C, C++, `Java`, Smalltalk, etc.)
- syntaxe très inspirée du C++
- exemple :

`Hello.idl`

```
1  module HelloApp {
2      interface Hello
3      {
4          string sayHelloTo(in string firstname,
5                            in string lastname);
6      };
7  };
```

Syntaxe IDL

Eléments de syntaxe :

- commentaires du C++ (et de Java)
- *preprocessing* strictement identique à celui du C++ (`#include`, `#define`, etc.)
- un seul espace de noms par portée
- *case sensitive*, mais un peu étrange :
  - si on utilise le nom `TotO`, on doit toujours l'écrire de cette façon
  - deux noms ne peuvent pas avoir pour seule différence la case des lettres qui les composent (i.e., si `toTo` est utilisé dans une portée, `TOTO` n'est plus permis)
- un fichier IDL est constitué de **définitions**, chaque définition se terminant par un point virgule

Définitions IDL

Un fichier IDL définit (ou déclare) :

- des types (principe des `typedef` du C++)
- des constantes (principe des `const` du C++)
- des exceptions
- des interfaces (principe des interfaces de `Java`)
- des modules (principe des *namespaces* du C++)
- des “valeurs” (types objets passés par valeur)

Types de base

Les définitions s'appuient sur des types de base classiques :

- entiers signés ou non (`short` (2 octets), `long` (4 octets) et `long long` (8 octets))
- réels (IEEE `float`, `double`, `long double` ainsi qu'un type `fixed` correspondant à des réels en virgule fixe)
- caractères (`char` ISO-Latin 1, un octet, et `wchar` pour les autres formats type UNICODE)
- booléen (`boolean`)
- deux curiosités : `octet` (pas de transformation par l'ORB) et `any` (joker)

Définition de types

- exactement le même principe qu'en C/C++
- enregistrements (`struct`), dont les définitions récursives (de type liste)
- `union`
- énumérations (`enum`), sans correspondance numérique
- séquences (`sequence`) : tableaux à une dimension (éventuellement à taille bornée)
- chaînes de caractères (`string` et `wstring`), éventuellement à taille bornée
- tableaux à plusieurs dimensions, toutes de taille fixe

Exemple

UserId.idl

```
1  struct UserId {
2      wstring id;
3      wstring group;
4      wstring pass;
5  };
6  enum mode {Read, ReadWrite};
7  enum category {User, Group, Other};
```

Module

- `module nom {... };`
- les modules CORBA ont pour rôle d'organiser les autres définitions
- version CORBA des
  - *package* `Java`
  - *namespace* C++
- structure hiérarchique
- noms complets : principe du C++, séparateur ::. Par exemple : `HelloApp::Hello`
- un module crée un espace de noms

Interface

- l'élément le plus important en IDL
- décrit entre autre un type objet CORBA
- contient :
  - des définitions de types, exceptions et constantes : rôle d'organisation (comme un module)
  - des définitions d'**opérations** et d'**attributs** : type objet
- la surchage d'opérations est **interdite**
- une interface peut hériter d'une ou **plusieurs** interfaces (syntaxe du C++)
- les types, exceptions et constantes hérités peuvent être redéfinis

Interface (2)

- définitions d'**opérations** :
  - similaires aux méthodes de `Java` et C++
  - les paramètres peuvent être `in` (en lecture), `out` (en écriture) ou `inout` (les deux)
  - une opération peut lever une ou plusieurs exceptions, ce qui s'indique par une clause `raises` (similaire à `throws`)
- définitions d'**attributs**
  - équivalent à un couple d'opérations (lecture et écriture de l'attribut)
  - en lecture seule grâce à `readonly`

Exemple

Dictionary.idl

```
1  module Dictionary {
2      interface ReadOnlyDictionary {
3          wstring definition(in wstring word);
4      };
5      interface ReadWriteDictionary : ReadOnlyDictionary {
6          void removeWord(in wstring word);
7          void insertWord(in wstring word,in wstring definition);
8      };
9  };
```

Exemple (2)

DictionaryServer.idl

```
1  #include "Dictionary.idl"
2  module DictionaryServer {
3      struct UserId {
4          string id;
5          string group;
6          string pass;
7      };
8      interface Server {
9          Dictionary::ReadWriteDictionary create(in UserId user);
10         Dictionary::ReadWriteDictionary getReadWrite(in UserId user);
11         Dictionary::ReadOnlyDictionary getReadOnly(in UserId user);
12     };
13 };
```

Exceptions

- `exception nom {... };`
- traitement des erreurs
- principes similaires à ceux des exceptions en C++ et en `Java`
- une exception peut avoir un contenu, comme pour fune *struct*
- exemple :

Erreur.idl

```
1  enum Level {warning, error, fatal};
2  exception AnError {
3      Level level;
4      string message;
5  };
```

Accès à l'ORB

Pour pouvoir écrire un programme CORBA (client ou serveur), il faut accèder au "noyau" CORBA, c'est-à-dire à l'ORB :

- l'ORB est une interface CORBA (décrite en PIDL) qui correspond à un pseudo objet CORBA
- pseudo objet : "truc" spécifié en pseudo IDL qui ne correspond pas toujours à un vrai objet CORBA (dépend du *mapping*) mais qui s'utilise en général comme un objet CORBA
- propose une opération de *bootstrapping*, `init`, qui permet d'obtenir une référence vers l'ORB (après l'avoir initialisé)

Services de l'ORB

L'ORB propose :

- une résolution simple (`resolve_initial_references`) : associe des noms à des références importantes. Par exemple, les deux objets les plus importants :
  - `NameService` : le service de publication/découverte de CORBA
  - `RootPOA` : l'*Object Adapter* principal
- une conversion (bidirectionnelle) entre références et chaînes de caractères portables en ORB (`string_to_object` et `object_to_string`)
- une opération de connexion (`connect`) d'un domestique (*servant*) à l'ORB, ce qui à pour effet de rendre disponible une implémentation d'un objet
- beaucoup d'autres opérations, essentiellement destinées à l'aspect dynamique de CORBA (découverte d'interfaces, etc.)

Object

- `Object` est la représentation d'une **référence** vers un objet CORBA
- l'interface définit diverses opérations utiles :
  - gestion de l'aspect dynamique :
    - obtention d'une description de l'interface de l'objet référencé
    - création d'un objet `Request`
  - manipulation de la référence (copie, association à un objet, implémentation d'une interface, etc.)
- Attention, ne pas trop comparer à `Remote` en `Java` : en général, on ne peut pas faire un *cast* `Java` d'un `Object` vers l'interface `Java` associé à l'objet référencé

Naming Service

Le service le plus important de CORBA :

- annuaire d'objets : association d'un nom à un objet (*name binding*)
- chaque nom est un couple de `string`s : un identificateur et une catégorie
- chaque association est gérée par un contexte (un objet CORBA, le *naming context*)
- les contextes peuvent être nommés (dans un autre contexte), ce qui donne une structure hiérarchique et des noms composés (*compound name*)
- on obtient le contexte racine grâce à l'ORB (*bootstrapping*)

Naming Service (2)

- type `NameComponent` : composant, i.e., couple identificateur et catégorie
- type `Name` : séquence de `NameComponents`
- interface `NamingContext` :
  - association (`bind` et `rebind`) et résolution (`resolve`) pour les objets
  - manipulation de sous contextes
  - navigation dans la liste des associations
- interface `NamingContextExt` : hérite de `NamingContext` et ajoute des opérations de conversion entre un `Name` et une chaîne de caractères
- représentation d'un `Name` : composants séparés par le caractère `/` (`.` est utilisé pour séparer l'identificateur de la catégorie)
- représentation possible par URL (assez complexe...)

Processus de développement

1. Ecriture de l'interface du serveur en IDL
2. Traduction de l'interface en :
   - l'équivalent dans le langage visé (par exemple une interface en `Java`)
   - des *stubs* pour les clients
   - des *skeletons* pour le serveur
3. Développement indépendant du serveur et des clients

Il faut connaître la traduction pour pouvoir programmer !

Cas de `Java`

Nombreuses implémentations de CORBA pour `Java` :

- le `jdk` 1.4 (spécifications 2.3)
- `openorb`
- `JacORB` (spécifications 2.4)
- pleins de choses commerciales...

Exemple traité ici : le `jdk` 1.4. Outil de base : `idlj` pour la traduction d'une interface `idl` en `Java`. Quelques éléments du *mapping* :

- module CORBA $\rightarrow$ *package* `Java`
- interface `<interface>` $\rightarrow$ interface `Java`
  `<interface>Operations` mais aussi `<interface>`

Exemple

Hello.idl

```
1  module HelloApp {
2      interface Hello
3      {
4          string sayHelloTo(in string firstname,
5                            in string lastname);
6      };
7  };
```

HelloApp/HelloOperations

```
1  package HelloApp;
2  public interface HelloOperations
3  {
4    String sayHelloTo (String firstname, String lastname);
5  }
```

Programmation du domestique

- en utilisant le POA
- `idlj -fall Hello.idl` engendre (entre autre) :
  - `HelloOperations.java`
  - `HelloPOA.java` : objet de base dont on hérite pour développer le serveur
- exemple :

HelloImpl

```
1  import HelloApp.*;
2  public class HelloImpl extends HelloPOA {
3    public String sayHelloTo (String firstname,
4                              String lastname) {
5      return "Bonjour "+firstname+" "+lastname;
6    }
7  }
```

Démarrage du serveur

- partie un peu lourde (comparée à RMI par exemple)
- synopsis :

1. `ORB.init` : initialisation de l'ORB
2. obtention du `RootPOA` (avec `resolve_initial_references`) et activation de celui-ci grâce à son `POAManager`
3. mise en place du domestique :
   (a) création de l'objet
   (b) enregistrement auprès du POA
   (c) obtention du `NamingContextExt`
   (d) enregistrement de l'objet dans *Naming Service*

Exemple

HelloStart

```
1  import HelloApp.*;
2  import org.omg.CosNaming.*;
3  import org.omg.CORBA.*;
4  import org.omg.PortableServer.*;
5  public class HelloStart {
6    public static void main(String args[]) {
7      try{
8        // initialisation de l'ORB
9        ORB orb = ORB.init(args, null);
10       // obtention du POA racine
11       POA rootpoa =
12         POAHelper.narrow(orb.resolve_initial_references("RootPOA"));
13       // activation de celui-ci
14       rootpoa.the_POAManager().activate();
15       HelloImpl helloImpl = new HelloImpl();
16       // enregistrement auprès du POA
17       org.omg.CORBA.Object ref = rootpoa.servant_to_reference(helloImpl);
```

Exemple (2)

HelloStart

```
18      // obtention du Naming Service
19      NamingContextExt ncRef =
20        NamingContextExtHelper.narrow(
21          orb.resolve_initial_references("NameService"));
22      // enregistrement du serveur
23      NameComponent path[] = ncRef.to_name("Hello");
24      ncRef.rebind(path, ref);
25      System.out.println("Démarrage réussit");
26      orb.run();
27    } catch (Exception e) {
28        System.err.println("Erreur : " + e);
29        e.printStackTrace(System.out);
30    }
31    System.out.println("Terminé !");
32  }
33 }
```

Démarrage effectif

- il faut démarrer un serveur de nom !
- avec le `jdk` 1.4, on utilise `orbd`
- option importante : `-ORBInitialPort`. Précise le port du serveur de nom
- `orbd` est un serveur persistant : si on le redémarre, les associations ne sont pas perdues
- démarrage du serveur : `java HelloStart -ORBInitialPort 1050` (même option !)

Le Client

- mêmes grands principes que le démarrage du serveur
- synopsis :
  1. initialisation de l'ORB
  2. obtention du `NamingContextExt`
  3. récupération de la référence vers l'objet cherché
  4. *cast* (`narrow`) et appel des méthodes voulues
- démarrage effectif : `java HelloClient -ORBInitialPort 1050`

Exemple

HelloClient

```
1  import HelloApp.*;
2  import org.omg.CosNaming.*;
3  import org.omg.CosNaming.NamingContextPackage.*;
4  import org.omg.CORBA.*;
5  public class HelloClient {
6    public static void main(String args[]) {
7      try{
8        ORB orb = ORB.init(args, null);
9        NamingContextExt ncRef =
10         NamingContextExtHelper.narrow(
11           orb.resolve_initial_references("NameService"));
12       Hello helloImpl = HelloHelper.narrow(ncRef.resolve_str("Hello"));
13       System.out.println(helloImpl.sayHelloTo("Joe","Bob"));
14     } catch (Exception e) {
15       System.out.println("Erreur : " + e) ;
16       e.printStackTrace(System.out);
17     }
18   }
19 }
```

Exemple en C (burk !)

HelloClient.c

```
1  #include "stdio.h"
2  #include "orb/orbit.h"
3  #include "Hello.h"
4
5  int
6  main (int argc, char *argv[])
7  {
8      CORBA_Environment ev;
9      CORBA_ORB orb;
10
11     FILE * ifp;
12     char * ior;
13     char filebuffer[1024];
14     CORBA_char *answer;
15     HelloApp_Hello hello_client;
16
17     CORBA_exception_init(&ev);
18     orb = CORBA_ORB_init(&argc, argv, "orbit-local-orb", &ev);
```

Exemple en C (burk 2 !)

HelloClient.c

```
19      /*
20       * en utilisant l'IOR (à la place du NS)
21       */
22      ifp = fopen("hello.ior","r");
23      if( ifp == NULL ) {
24        g_error("No hello.ior file!");
25        exit(-1);
26      }
27      fgets(filebuffer,1023,ifp);
28      ior = g_strdup(filebuffer);
29      fclose(ifp);
30      hello_client = CORBA_ORB_string_to_object(orb, ior, &ev);
31      if (!hello_client) {
32          printf("Cannot bind to %s\n", ior);
33          return 1;
34      }
```

Exemple en C (burk 3 !)

HelloClient.c

```
35      printf("Calling the server\n");
36      answer=HelloApp_Hello_sayHelloTo(hello_client,"Toto","Doe",&ev);
37      if(ev._major != CORBA_NO_EXCEPTION) {
38        printf("we got exception %d from Hello!\n", ev._major);
39        return 1;
40      } else {
41          printf("Answer received\n");
42          printf("%s\n",(char *)answer);
43      }
44      CORBA_Object_release(hello_client, &ev);
45      CORBA_Object_release((CORBA_Object)orb, &ev);
46      return 0;
47  }
```

Serveur persistant

- une des fonctionnalités proposées par le POA
- attention au sens de persistant :
  - persistance d'un objet CORBA
  - en tant que **service**
  - pas de mécanisme de persistance de l'état du domestique qui implémente le service
  - se contente de démarrer le serveur quand le besoin s'en fait sentir
- modification du démarrage du serveur
- avec le `jdk` 1.4, on utilise l'outil `servertool` :
  - `servertool -ORBInitialPort 1050`
  - `register -server <classe> -applicationName <nom> -classpath <path>`

Exemple

HelloPersistant

```
1  import HelloApp.*;
2  import org.omg.CosNaming.*;
3  import org.omg.CORBA.*;
4  import org.omg.PortableServer.*;
5  public class HelloPersistant {
6    public static void main(String args[]) {
7      try{
8        ORB orb = ORB.init(args, null);
9        POA rootPOA =
10         POAHelper.narrow(orb.resolve_initial_references("RootPOA"));
11       HelloImpl helloImpl = new HelloImpl();
12       // création d'un POA dont les domestiques sont persistants
13       Policy[] persistentPolicy = new Policy[1];
14       persistentPolicy[0] =
15         rootPOA.create_lifespan_policy(LifespanPolicyValue.PERSISTENT);
16       POA persistentPOA = rootPOA.create_POA("MonPOA", null,
17                                              persistentPolicy );
18       persistentPOA.the_POAManager().activate();
```

Exemple (2)

HelloPersistant

```
19        // activation
20        persistentPOA.activate_object(helloImpl);
21        NamingContextExt ncRef =
22          NamingContextExtHelper.narrow(
23            orb.resolve_initial_references("NameService"));
24        NameComponent path[] = ncRef.to_name("Hello");
25        ncRef.rebind(path, persistentPOA.servant_to_reference(helloImpl));
26        System.out.println("Démarrage réussit");
27        try {
28          Thread.sleep(5000);
29        } catch (InterruptedException e) {
30        }
31        orb.shutdown(true);
32      } catch (Exception e) {
33          System.err.println("Erreur : " + e);
34          e.printStackTrace(System.out);
35      }
36      System.out.println("Terminé !");
37    }
38  }
```