Master M2R “Systèmes et Logiciel”

Construction d’Applications Réparties et Parallèles

Introduction

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

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

Motivations

- La répartition est un état de fait pour un nombre important d’applications
  - Développement des réseaux (Internet, réseaux sans fil)
  - Intégration d’applications existantes initialement séparées
  - Pénétration de l’informatique dans des domaines nouveaux d’application
    - Intégration d’objets du monde réel (informatique omniprésente (*ubiquitous computing*))
    - Intégration entre informatique et télécommunications
- Le parallélisme est la réponse aux besoins croissants des applications
  - Puissance de traitement
  - Gestion de grandes masses de données
  - Intégration et mise en commun de ressources

Objectifs du cours

- Présentation des principes de la construction d’applications réparties et parallèles
  - Modèles de programmation
  - Architectures logicielles des applications et de l’intergiciel (*middleware)*
- Trois aspects
  - Les principaux problèmes abordés par la recherche
  - Les patrons de conception (*design patterns*) et canevas logiciels (*software frameworks*) utilisés dans la construction d’applications
  - Des exemples illustratifs de l’état de l'art (recherche, industrie)
- Autres cours utiles
  - Couvrent des aspects fondamentaux
  - SR - Algorithmique et techniques de base des systèmes répartis (les années paires, donc en 2006-2007)
  - CP - Algorithmique et techniques de base du calcul parallèle (le présent cours, ouvert les années impaires)

Contenu du cours

Notions de base des systèmes répartis
Problèmes de la construction d’applications réparties

Modèles d’organisation d’applications réparties
Patrons et canevas de base pour le modèle client-serveur

Systèmes asynchrones, coordination, programmation par événements
Exemples de systèmes asynchrones

Systèmes à composants. Intergiciels à composants. Patrons et canevas de base pour les composants. Exemples de systèmes à composants

Sécurité des applications réparties : besoins, techniques, exemples.

Techniques d’adaptation. Applications : infrastructures mobiles, gestion de la qualité de service, reconfiguration
Administration d’applications. Concepts et outils. Déploiement, configuration, gestion de ressources, disponibilité. Exemples

Systèmes et applications parallèles sur grappes et grilles

Plan de la séance 1

- **Introduction aux applications réparties**
  - Caractéristiques des systèmes réparties, notion d'intergiciel
  - Les principaux schémas d'architecture des applications réparties
  - Les problèmes à résoudre
- **Patrons et canevas de base pour les applications réparties**
  - *Proxy*, *Factory*, *Wrapper*, *Adapter*, *Observer*, …
  - Architectures d'intergiciel
- **Architectures d'intergiciel pour les objets répartis**

Caractéristiques des systèmes répartis (1)

- **Définition d'un système réparti**
  - Ensemble composé d'éléments reliés par un système de communication ; les éléments ont des fonctions de traitement (processeurs), de stockage (mémoire), de relation avec le monde extérieur (capteurs, actionneurs)
  - Les différents éléments du système ne fonctionnent pas indépendamment mais collaborent à une ou plusieurs tâches communes. Conséquence : une partie au moins de l'état global du système est partagée entre plusieurs éléments (sinon, on aurait un fonctionnement indépendant)

De manière plus précise : toute expression de la spécification du système fait intervenir plusieurs éléments (exemple : préserver un invariant global, mettre des interfaces en correspondance, etc.)

Caractéristiques des systèmes répartis (2)

- **Propriétés souhaitées**
  - Le système doit pouvoir fonctionner (au moins de façon dégradée) même en cas de défaillance de certains de ses éléments
  - Le système doit pouvoir résister à des perturbations du système de communication (perte de messages, déconnexion temporaire, performances dégradées)
  - Le système doit pouvoir résister à des attaques contre sa sécurité (violation de la confidentialité, de l'intégrité, usage indu de ressources, déni de service)
  - Le système doit pouvoir facilement s'adapter pour réagir à des changements d'environnement ou de conditions d'utilisation
  - Le système doit préserver ses performances lorsque sa taille croît (nombre d'éléments, nombre d'utilisateurs, étendue géographique)

Caractéristiques des systèmes répartis (3)

- **Difficultés**
  - Propriété d'asynchronisme du système de communication (pas de borne supérieure stricte pour le temps de transmission d'un message
    - Conséquence : difficulté pour détecter les défaillances
  - Dynamisme (la composition du système change en permanence)
    - Conséquences : difficulté pour définir un état global
    - Difficulté pour administrer le système
  - Grande taille (nombre de composants, d'utilisateurs, dispersion géographique)
    - Conséquence : la capacité de croissance (*scalability*) est une propriété importante, mais difficile à réaliser

Malgré ces difficultés, des grands systèmes répartis existent et sont largement utilisés

le DNS (*Domain Name System*)
le World Wide Web

Applications réparties

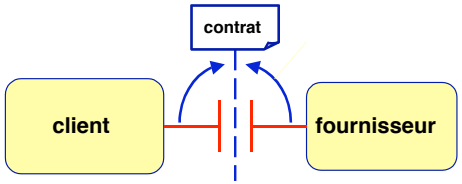
- Distinction entre “système” et “application”
  - Système : gestion des ressources communes et de l’infrastructure, lié de manière étroite au matériel sous-jacent
    - Système d’exploitation : gestion de chaque élément
    - Système de communication : échange d’information entre les éléments
    - Caractéristiques communes : cachent la complexité du matériel et des communications, fournissent des services communs de plus haut niveau d’abstraction
  - Application : réponse à un problème spécifique, fourniture de services à ses utilisateurs (qui peuvent être d’autres applications). Utilise les services généraux fournis par le système
  - La distinction n’est pas toujours évidente, car certaines applications peuvent directement travailler à bas niveau (au contact du matériel). Exemple : systèmes embarqués, réseaux de capteurs

Services et interfaces

- Définition
  - Un système est un ensemble de composants (au sens non technique du terme) qui interagissent
  - Un service est “un comportement défini par contrat, qui peut être implémenté et fourni par un composant pour être utilisé par un autre composant, sur la base exclusive du contrat” (*)
- Mise en œuvre
  - Un service est accessible via une ou plusieurs interfaces
  - Une interface décrit l’interaction entre client et fournisseur du service
    - Point de vue opérationnel : définition des opérations et structures de données qui concourent à la réalisation du service
    - Point de vue contractuel : définition du contrat entre client et fournisseur

(*) Bieber and Carpenter, *Introduction to Service-Oriented Programming*, http://www.openwings.org

Définitions d’interfaces (1)



- La fourniture d’un service met en jeu deux interfaces
  - Interface requise (côté client)
  - Interface fournie (côté fournisseur)
- Le contrat spécifie la compatibilité (conformité) entre ces interfaces
  - Au delà de l’interface, chaque partie est une “boîte noire” pour l’autre (principe d’encapsulation)
  - Conséquence : client ou fournisseur peuvent être remplacés du moment que le composant remplaçant respecte le contrat (est conforme)

Définitions d’interfaces (2)

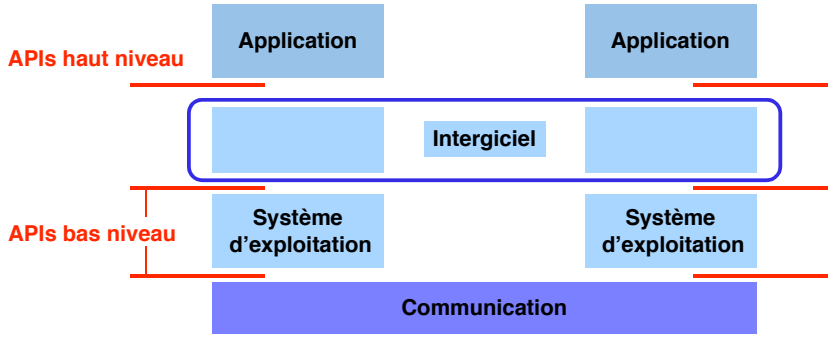
- Partie “opérationnelle”
  - Interface Definition Language (IDL)
    - Pas de standard, mais s’appuie sur un langage existant
      - IDL CORBA sur C++
      - Java et C# définissent leur propre IDL
- Partie “contractuelle”
  - Plusieurs niveaux de contrats
    - Sur la forme : spécification de types -> conformité syntaxique
    - Sur le comportement (1 méthode) : assertions -> conformité sémantique
    - Sur les interactions entre méthodes : synchronisation
    - Sur les aspects non fonctionnels (performances, etc.) : contrats de QoS

L'intergiciel (*middleware*)

- **Motivations**
  - Dans un système réparti, même l'interface fournie par les systèmes d'exploitation et de communication est encore trop complexe pour être utilisée directement par les applications.
    - Hétérogénéité
    - Complexité des mécanismes (bas niveau)
    - Nécessité de gérer (et de masquer, au moins partiellement) la répartition
- **Solution**
  - Introduire une couche de logiciel intermédiaire (répartie) entre les niveaux bas (systèmes et communication) et le niveau haut (applications) : c'est l'intergiciel
  - L'intergiciel joue un rôle analogue à celui d'un "super-système d'exploitation" pour un système réparti

Place et interfaces de l'intergiciel

- **L'intergiciel est la couche "du milieu" (*Middleware*)**



L'intergiciel est une notion récente (années 90), mais la chose existait avant le mot

Fonctions de l'intergiciel

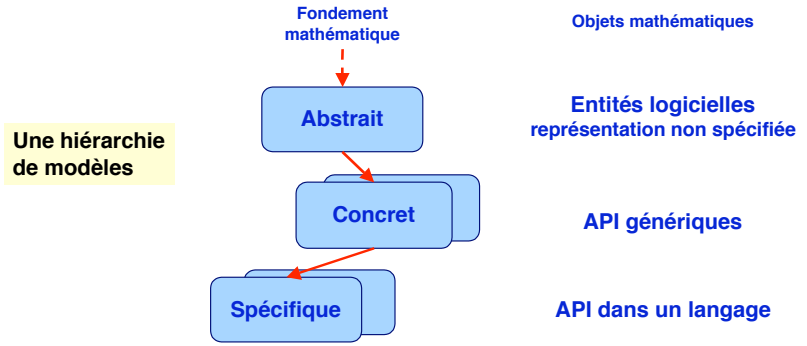
- **L'intergiciel a quatre fonctions principales**
  - Fournir une interface ou API (*Applications Programming Interface*) de haut niveau aux applications
  - Masquer l'hétérogénéité des systèmes matériels et logiciels sous-jacents
  - Rendre la répartition aussi invisible ("transparente") que possible
  - Fournir des services répartis d'usage courant
- **L'intergiciel vise à faciliter la programmation répartie**
  - Développement, évolution, réutilisation des applications
  - Portabilité des applications entre plates-formes
  - Interoperabilité d'applications hétérogènes

Classes d'intergiciel

- **Objets répartis**
  - Java RMI, CORBA, DCOM, .NET
- **Composants répartis**
  - Java Beans, Enterprise Java Beans, CCM
- ***Message-Oriented Middleware* (MOM)**
  - Message Queues, *Publish-Subscribe*
- **Coordination**
- **Intégration d'applications**
  - *Web Services*
- **Accès aux données, persistance**
- **Support d'applications mobiles**

Modèles d'architecture logicielle

Définition : une description d'un aspect (point de vue, fonction) de l'architecture
Usage : compréhension, explication, prévision, preuve, guide pour la réalisation



Principaux modèles examinés

Plusieurs critères de classification

- Selon nature du flot de contrôle
  - Synchrone (client-serveur)
  - Asynchrone (messages, événements)
  - Mixte
- Selon unité d'organisation
  - Objets répartis
  - Composants
- Structure statique ou dynamique
  - Mobilité des éléments
  - Reconfiguration,

La majorité des modèles sont concrets ou spécifiques (état de l'art)

Problèmes communs

La construction de systèmes et applications répartis nécessite de résoudre des problèmes communs

- Architecture logicielle
  - Unités d'organisation, relations
- Désignation et liaison
- Sécurité
- Tolérance aux fautes
  - Non traité dans ce cours ; traité dans le cours SR
- Qualité de service
  - En particulier performances, passage à l'échelle
- Administration

Ces aspects forment le fil directeur de la suite du cours

Principes de conception

- Principe directeur : séparation des préoccupations
  - Isoler les aspects indépendants (ou faiblement corrélés) et les traiter séparément
  - Examiner un problème à la fois
  - Éliminer les interférences
  - Permettre aux aspects d'évoluer indépendamment
- Mise en œuvre
  - Encapsulation : séparer interface et réalisation (contrat commun)
  - Abstraction : décomposition en niveaux, cacher les détails non pertinents à un niveau donné
  - Séparation entre politiques et mécanismes
    - Ne pas réimplémenter les mécanismes quand on change de politique
    - Ne pas "sur-spécifier" les mécanismes
  - Isolation et expression indépendante des aspects extra-fonctionnels (hors interface)

Patrons de conception (1)

- **Définition** [dépasse le cadre de la conception de logiciel]
  - Ensemble de règles (définitions d'éléments , principes de composition, règles d'usage) permettant de répondre à une classe de besoins spécifiques dans un environnement donné.
- **Propriétés**
  - Un patron est élaboré à partir de l'expérience acquise au cours de la résolution d'une classe de problèmes apparentés ; il capture des éléments de solution communs
  - Un patron définit des principes de conception, non des implémentations spécifiques de ces principes.
  - Un patron fournit une aide à la documentation, par ex. en définissant une terminologie, voire une description formelle ("langage de patrons ")

E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides. *Design Patterns - Elements of Reusable Object-Oriented Software*, Addison-Wesley, 1995
F. Buschmann, R. Meunier, H. Rohnert, P. Sommerlad, M. Stal. *Pattern-Oriented Software Architecture* - vol. 1, Wiley 1996
D. Schmidt, M. Stal, H. Rohnert, F. Buschmann. *Pattern-Oriented Software Architecture* - vol. 2, Wiley, 2000

Patrons de conception (2)

- **Définition d'un patron**
  - Contexte : Situation qui donne lieu à un problème de conception ; doit être aussi générique que possible (mais éviter l'excès de généralité)
  - Problème : spécifications, propriétés souhaitées pour la solution; contraintes de l'environnement
  - Solution :
    - Aspects statiques : composants, relations entre composants; peut être décrit par diagrammes de classe ou de collaboration
    - Aspects dynamiques : comportement à l'exécution, cycle de vie (création, terminaison, etc.); peut être décrite par des diagrammes de séquence ou d'état
- **Catégories de patrons**
  - Conception : petite échelle, structures usuelles récurrentes dans un contexte particulier
  - Architecture : grande échelle, organisation structurelle, définit des sous-systèmes et leurs relations mutuelles
  - Idiomatiques: constructions propres à un langage

Source: F. Buschmann, R. Meunier, H. Rohnert, P. Sommerlad, M. Stal. *Pattern-Oriented Software Architecture* - vol. 1, Wiley 1996

Quelques patrons de base

- ***Proxy***
  - Patron de conception : représentant pour accès à distance
- ***Factory***
  - Patron de conception : création d'objet
- ***Wrapper* [*Adapter*]**
  - Patron de conception : transformation d'interface
- ***Interceptor***
  - Patron d'architecture : adaptation de service
- ***Observer***
  - Patron de base pour l'asynchronisme

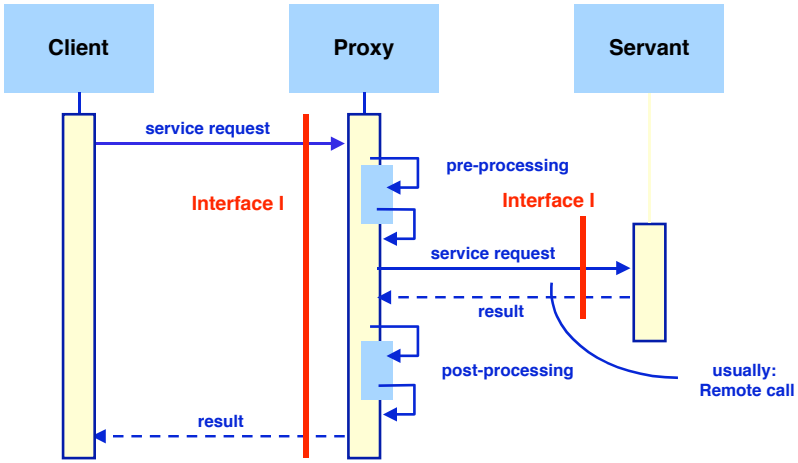
Ces patrons sont d'un usage courant dans la construction d'intergiciel

Nombreux exemples dans toute la suite

Proxy (Mandataire)

- **Contexte**
  - Applications constituées d'un ensemble d'objets répartis ; un client accède à des services fournis par un objet pouvant être distant (le "servant")
- **Problème**
  - Définir un mécanisme d'accès qui évite au client
    - Le codage "en dur" de l'emplacement du servant dans son code
    - Une connaissance détaillée des protocoles de communication
  - Propriétés souhaitables
    - Accès efficace et sûr
    - Programmation simple pour le client ; idéalement, pas de différence entre accès local et distant
  - Contraintes
    - Environnement réparti (pas d'espace unique d'adressage)
- **Solutions**
  - Utiliser un représentant local du servant sur le site client (isole le client du servant et du système de communication)
  - Garder la même interface pour le représentant et le servant
  - Définir une structure uniforme de représentant pour faciliter sa génération automatique

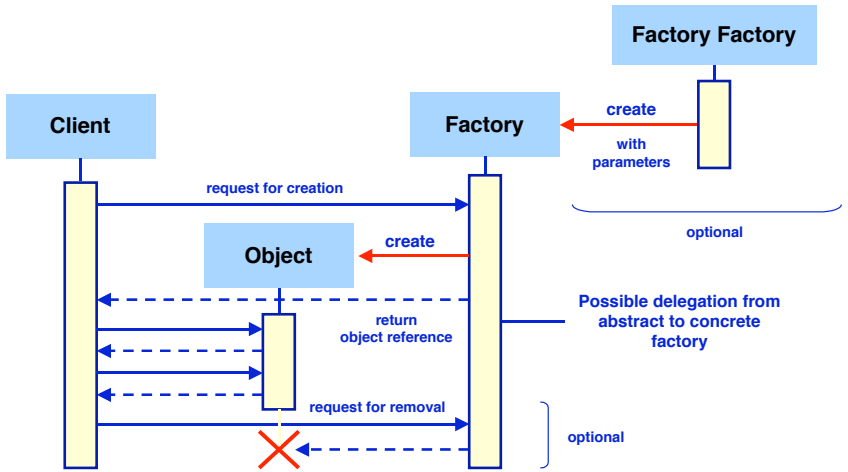
Usage de *Proxy*



Factory (Fabrique)

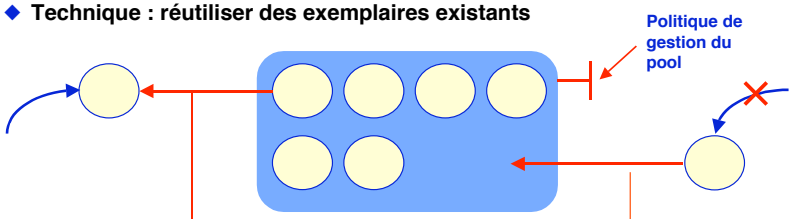
- **Contexte**
  - Application = ensemble d'objets en environnement réparti
- **Problème**
  - Créer dynamiquement des instances multiples d'une classe d'objets
  - Propriétés souhaitables
    - Les instances doivent être paramétrables
    - L'évolution doit être facile (pas de décisions "en dur")
  - Contraintes
    - Environnement réparti (pas d'espace d'adressage unique)
- **Solutions**
  - *Abstract Factory* : définit une interface et une organisation génériques pour la création d'objets ; la création effective est déléguée à des fabriques concrètes qui implémentent les méthodes de création
  - *Abstract Factory* peut être implémentée par *Factory Methods* (méthode de création redéfinie dans une sous-classe)
  - Pour plus de de souplesse, on peut utiliser *Factory Factory* (le mécanisme de création lui-même est paramétré)

Usage de *Factory*



Un complément à *Factory* : *Pool*

- **Idée : réduire le coût de la gestion de ressources**
  - Technique : réutiliser des exemplaires existants



créer :
si pool non vide
  sortir une instance du pool
  nettoyer/initialiser
sinon
  créer une nouvelle instance

détruire :
placer l'instance
dans le pool

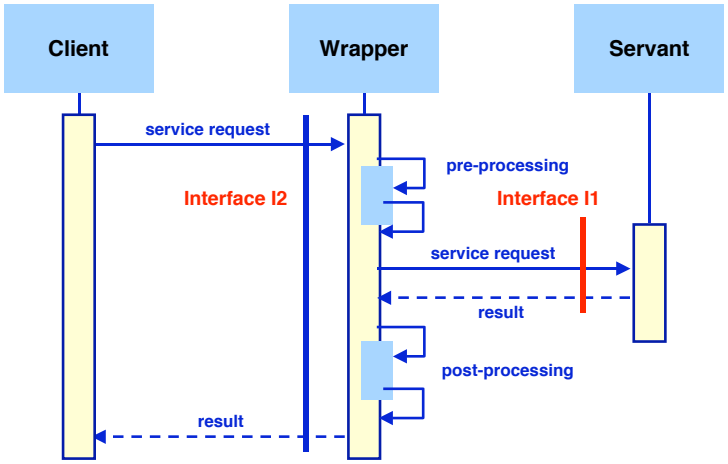
Utilisation de *Pool*

- **Gestion de la mémoire**
  - *Pool* de zones (plusieurs tailles possibles)
  - Évite le coût du ramasse-miettes
  - Évite les copies inutiles (chaînage de zones)
- **Gestion des activités**
  - *Pool* de *threads*
  - Évite le coût de la création
- **Gestion de la communication**
  - *Pool* de connexions
- **Gestion des composants**
  - Voir plus loin (réalisation des conteneurs)

Wrapper (ou *Adapter*)

- **Contexte**
  - Des clients demandent des services ; des servants fournissent des services ; les services sont définis par des interfaces
- **Problème**
  - Réutiliser un servant existant en modifiant son interface et/ou certaines de ses fonctions pour satisfaire les besoins d'un client (ou d'une classe de clients)
  - Propriétés souhaitables : doit être efficace ; doit être adaptable car les besoins peuvent changer de façon imprévisible ; doit être réutilisable (générique)
  - Contraintes :
- **Solutions**
  - Le *Wrapper* isole le servant en interceptant les appels de méthodes vers l'interface de celui-ci. Chaque appel est précédé par un prologue et suivi par un épilogue dans le *Wrapper*
  - Les paramètres et résultats peuvent être convertis

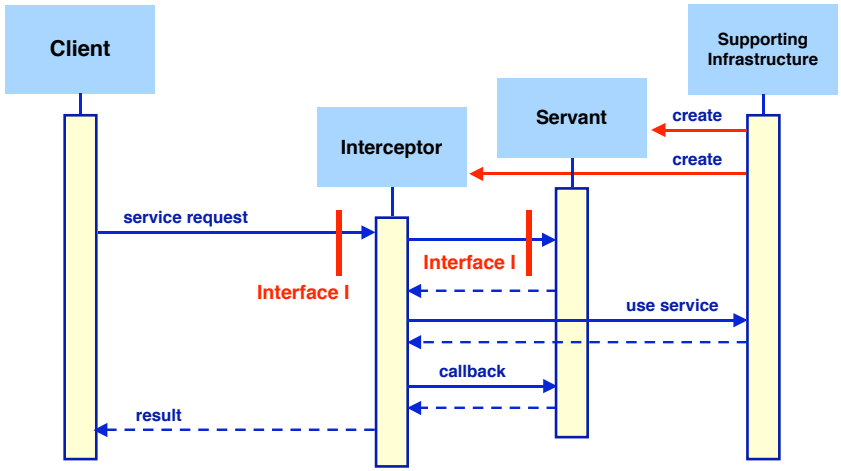
Usage du *Wrapper*



Interceptor (Intercepteur)

- **Contexte**
  - Fourniture de services (cadre général)
    - Client-serveur, pair à pair, hiérarchique
    - Uni- ou bi-directionnel, synchrone ou asynchrone
- **Problème**
  - Transformer le service (ajouter de nouvelles fonctions), par différents moyens
    - Interposer une nouvelle couche de traitement (cf. *Wrapper*)
    - Changer (conditionnellement) la destination de l'appel
  - Contraintes
    - Les programmes cleient et serveur ne doivent pas être modifiés
    - Les services peuvent être ajoutés ou supprimés dynamiquement
- **Solutions**
  - Créer des objets d'interposition (statiquement ou dynamiquement). Ces objets
    - interceptent les appels (et/ou les retours) et insèrent des traitements spécifiques, éventuellement fondés sur une analyse du contenu
    - peuvent rediriger l'appel vers une cible différente
    - peuvent utiliser des appels en retour

Usage d'*Interceptor*

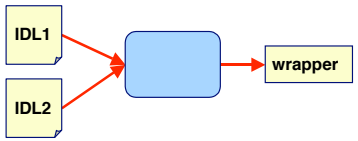


Comparaison des patrons de base

- *Wrapper* vs. *Proxy*
  - *Wrapper* et *Proxy* ont une structure similaire
    - *Proxy* préserve l'interface ; *Wrapper* transforme l'interface
    - *Proxy* utilise (pas toujours) l'accès à distance; *Wrapper* est en général local
- *Wrapper* vs. *Interceptor*
  - *Wrapper* et *Interceptor* ont une fonction similaire
    - *Wrapper* transforme l'interface
    - *Interceptor* transforme la fonction (peut même complètement détourner l'appel de la cible initiale)
- *Proxy* vs. *Interceptor*
  - *Proxy* est une forme simplifiée d'*Interceptor*
    - on peut rajouter un intercepteur à un proxy (*smart proxy*)

Mise en œuvre des patrons de base

- Génération automatique
  - À partir d'une description déclarative



- Optimisation
  - Éliminer les indirections, source d'inefficacité à l'exécution
    - Court-circuit des chaînes d'indirection
    - Injection de code (insertion du code engendré dans le code de l'application)
    - Génération de code de bas niveau (ex. bytecode Java)
    - Techniques réversibles (pour adaptation)

Canevas logiciels (*Frameworks*)

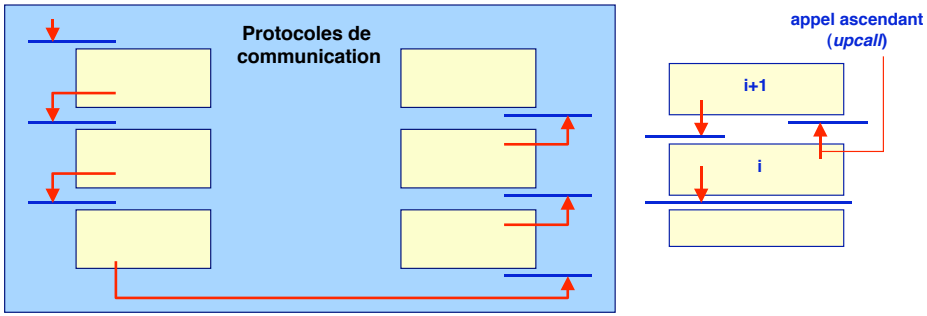
- Définition
  - Un canevas est un "squelette" de programme qui peut être réutilisé (et adapté) pour une famille d'applications
  - Il met en œuvre un modèle (pas toujours explicite)
  - Dans les langages à objets : un canevas comprend
    - Un ensemble de classes (souvent abstraites) devant être adaptées (par ex. par surcharge) à des environnements et contraintes spécifiques
    - Un ensemble de règles d'usage pour ces classes
- Patrons et canevas
  - Ce sont deux techniques de réutilisation
  - Les patrons réutilisent un schéma de conception ; les canevas réutilisent du code
  - Un canevas implémente en général plusieurs patrons

Schémas de décomposition

- **Objectifs**
  - Faciliter la construction
    - La structure reflète la démarche de conception
    - Les interfaces et les dépendances sont mises en évidence
  - Faciliter l'évolution
    - Principe d'encapsulation
    - Échange standard
- **Exemples**
  - Structures multi-niveaux
    - Décomposition "verticale" ou "horizontale"
  - Canevas pour insertion de composants

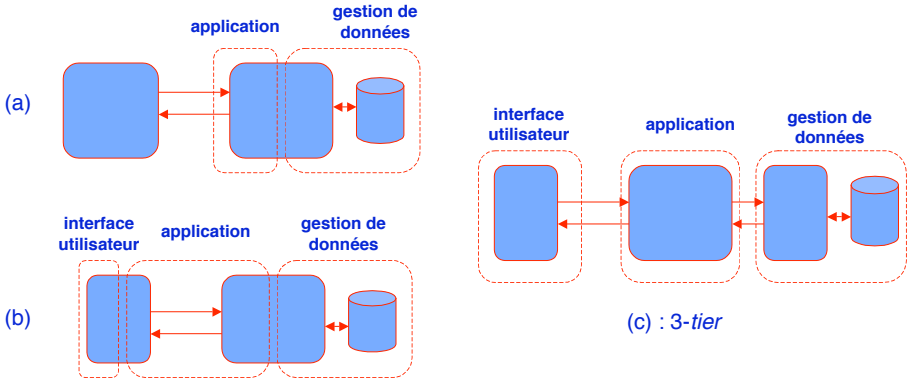
Décomposition en couches

- **Hiérarchie de "machines abstraites"**
  - La réalisation des niveaux < i est invisible au niveau i
  - Exemple : machines virtuelles (OS multiples, JVM, etc.)



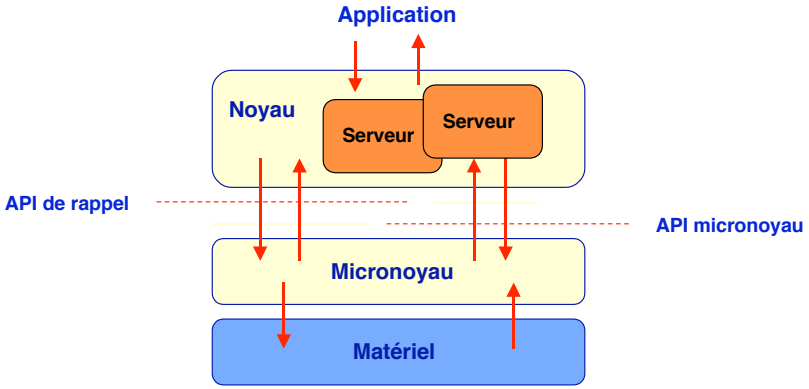
Décomposition "horizontale"

- **Exemple : évolution du schéma client-serveur**



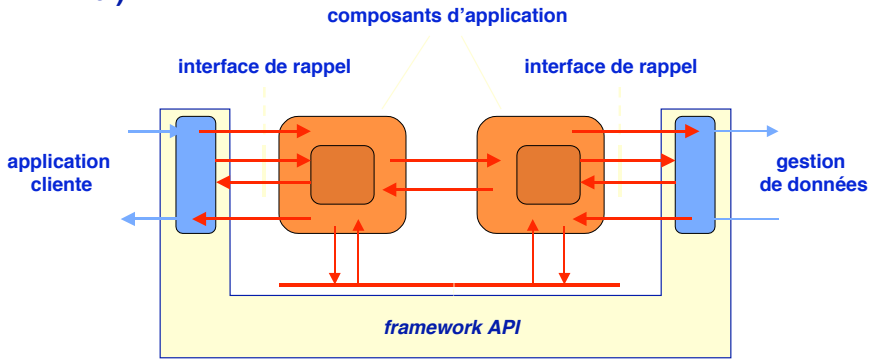
Exemple de canevas global (1)

- **Architecture de micro-noyau**



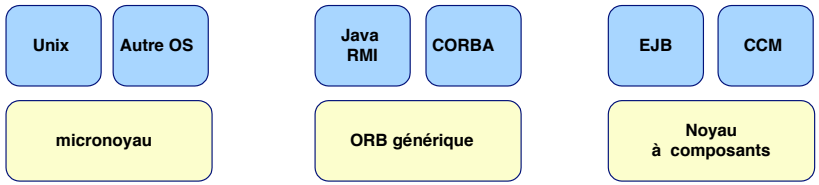
Exemple de canevas global (2)

- **Architecture d'un canevas pour composants (*middle tier*)**



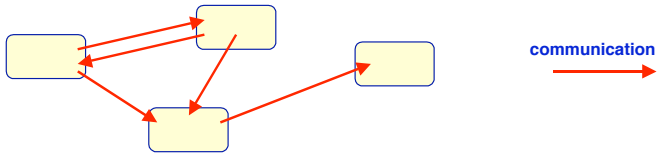
Canevas de base et personnalités

- **Motivation : réutilisation de mécanismes génériques**
  - Un canevas de base réalise les entités définies par un modèle abstrait
    - Critères : générique, modulaire, composable, adaptable
  - Des "personnalités" utilisent les APIs du canevas de base (y compris appels en retour) pour réaliser des mises en œuvres concrètes du modèle
  - Avantages : réutilisation, unité conceptuelle, facilité de (re)configuration
  - Difficulté : efficacité
- **Exemples**



Objets répartis

- **Schéma de base**
  - Application = ensemble d'objets répartis sur un réseau, communiquant entre eux (1 objet intégralement sur un site)



Autres modèles (non considérés ici)
- Objets fragmentés
- Objets dupliqués
- Objets mobiles
- …

Intergiciel pour objets répartis

- **Exemples**
  - Java Remote Method Invocation (RMI) : appel d'objets distants en Java - Sun
  - Common Object Request Broker Architecture (CORBA) : support pour l'exécution d'objets répartis hétérogènes - OMG
  - DCOM, COM+ : Distributed Common Object Model - Microsoft
- **Schéma commun : ORB (*Object Request Broker*)**
  - Modèle de base : client-serveur
  - Identification et localisation des objets
  - Liaison entre objets clients et serveurs
  - Exécution des appels de méthode à distance
  - Gestion du cycle de vie des objets (création, activation, …)
  - Services divers (sécurité, transactions, etc.)

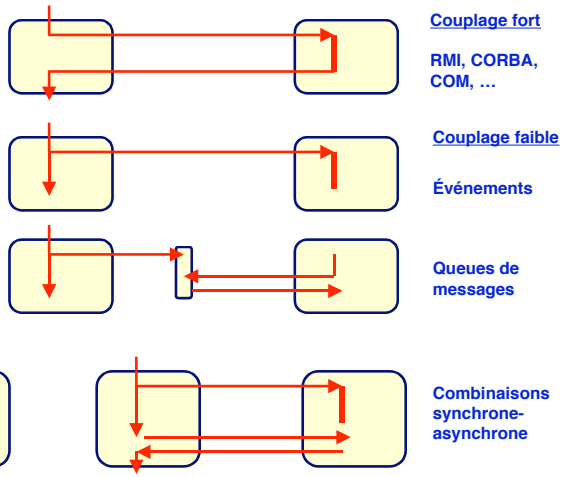
Problèmes de l'exécution répartie

- Schéma d'interaction
  - Communication
  - Synchronisation
- Désignation et localisation des objets
  - Identification et référence
- Liaison
  - Établissement de la chaîne d'accès
- Cycle de vie
  - Création, conservation, destruction des objets
- Mise en œuvre (réalisation, services)

Notre objectif
- élaborer des patrons pour les aspects ci-dessus
- proposer un canevas pour la structure d'un ORB

Schémas d'interaction (1)

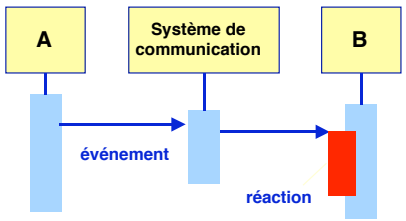
- Synchrones
- Asynchrones
- Semi-synchrones

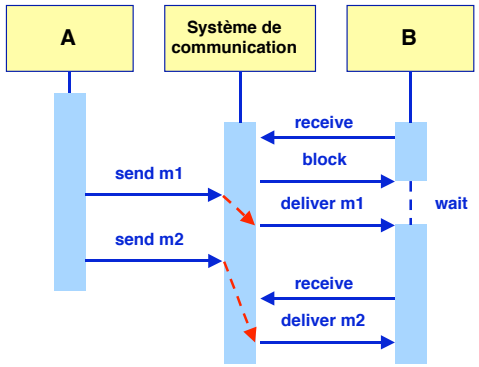


Schémas d'interaction (2)

Schémas asynchrones

Exécution parallèle de l'émetteur et du récepteur
Couplage faible

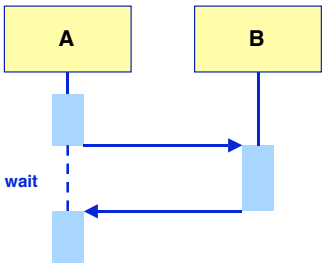




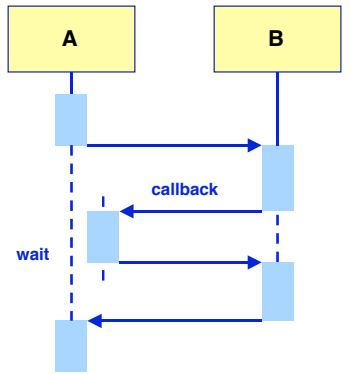
- Événement-réaction
- Messages asynchrones

événements et messages peuvent être ou non mémorisés

Schémas d'interaction (3)



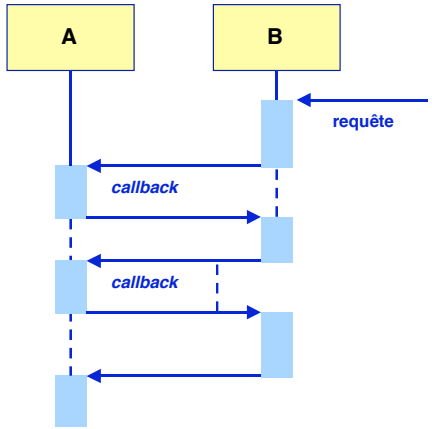
- Appel synchrone
  - L'émetteur (client) est bloqué en attendant le retour
  - Couplage fort



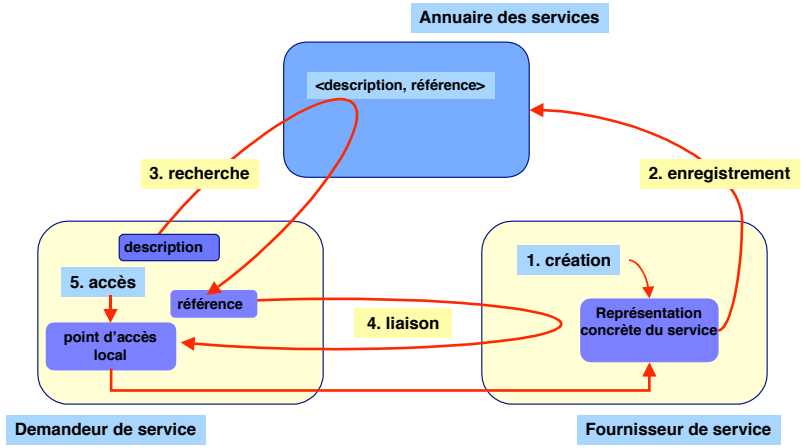
Avec appel en retour (callback)

Schémas d'interaction (4)

- Inversion du contrôle
  - Situation où B "contrôle" A
  - La requête de service pour A est déclenchée depuis l'extérieur

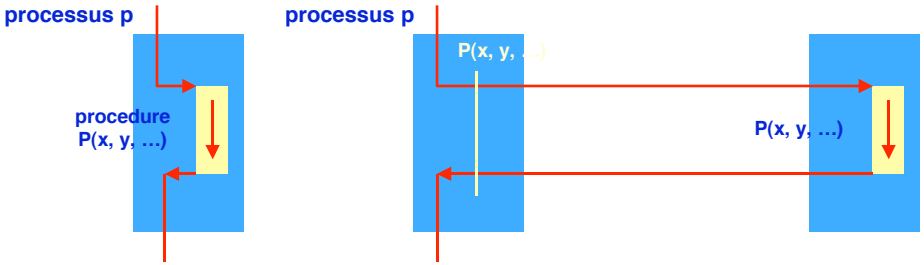


Accès à un service



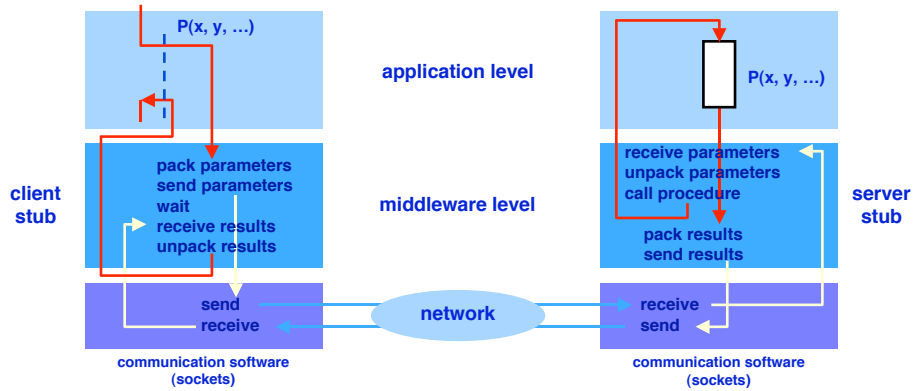
Bref rappel sur RPC (1/2)

- L'appel de procédure à distance (RPC), un outil pour construire des applications client-serveur



L'effet de l'appel doit être identique dans les deux situations. Cela est impossible à réaliser en présence de défaillances

Bref rappel sur RPC (2/2)

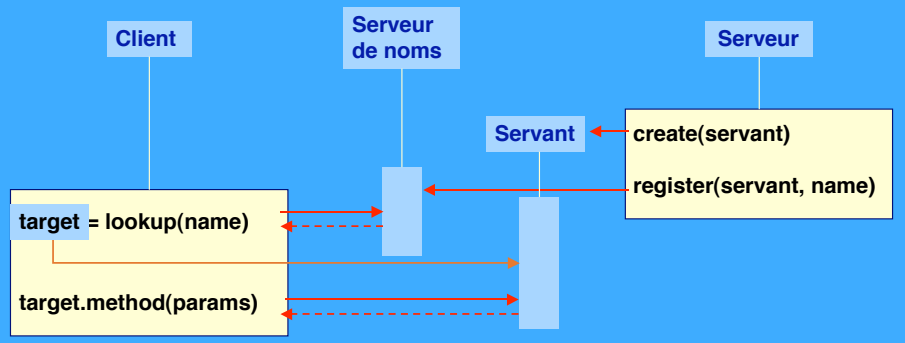


- Mise en œuvre de l'appel de procédure à distance

Du RPC aux objets répartis…

- **Pourquoi les objets répartis**
  - Avantages d'un modèle à objets pour la programmation
  - L'encapsulation se prête bien à la répartition (objet = unité naturelle de répartition)
  - Réutilisation de l'existant (par *wrappers*)
- **Différences avec RPC**
  - Création dynamique d'objets
    - Donc liaison dynamique
  - Intégration de services
    - Persistance, duplication, transactions, etc.

Les étapes d'un appel d'objet réparti
(vues du programmeur)



Connaissances requises :
le client et le serveur connaissent le serveur de noms
le client et le serveur s'accordent sur le nom *name*
le client connaît l'interface du servant

Les étapes d'un appel réparti
(vues du système)

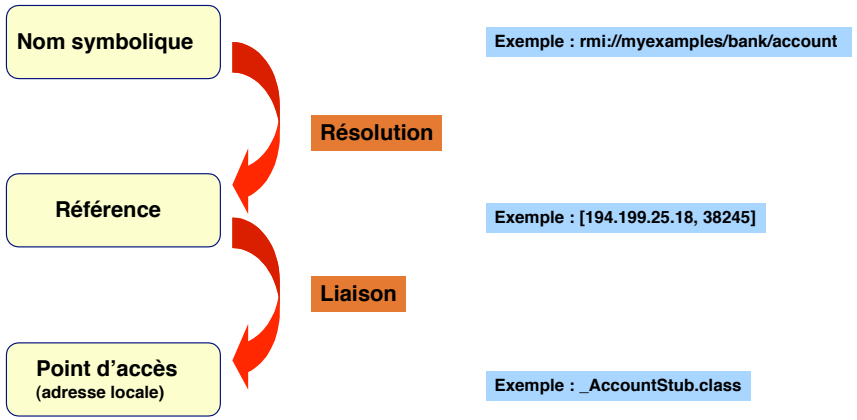
En partant de la fin…
Pour réaliser l'appel réparti, il faut avoir établi une chaîne d'accès entre le client et le servant

L'opération de liaison (*binding*) est la création de cette chaîne d'accès (également appelée "objet de liaison")

Désignation et liaison

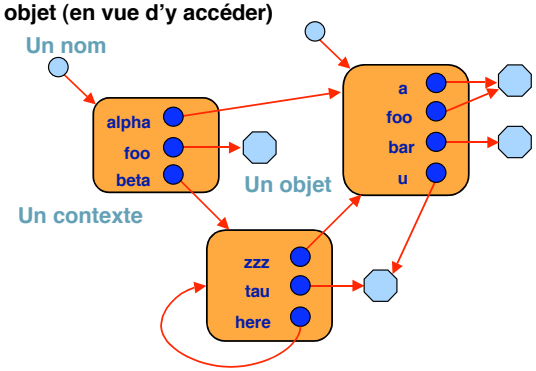
- **Désignation**
  - Associer des noms à des objets
  - Retrouver un objet à partir de son nom
- **Liaison**
  - Créer une chaîne d'accès à un objet (à partir d'un nom)
- **Spécificité de la liaison répartie**
  - En centralisé (très schématiquement)
    - 2 sortes de noms : nom symboliques, adresses
    - Liaison = recherche de l'adresse (souvent avec indirection)
  - En réparti
    - "Adresse" = référence (exemple : [adresse IP, n° de porte])
    - Mais référence ≠ chaîne d'accès !

Étapes de la liaison répartie



Rappel rapide sur les noms

- **Deux sortes de noms**
  - Identificateurs : distinguer un objet des autres
  - Références : localiser un objet (en vue d'y accéder)
- **Noms contextuels**



Résolution et liaison des noms

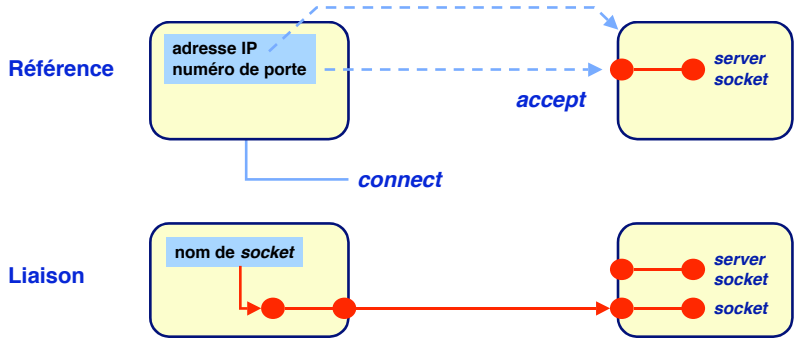
- **Résoudre un nom** (dans un contexte)
  - À partir du nom, trouver l'objet
  - Processus récursif

    target = *context.resolve*(*name*) [ou name.resolve()]

    3 issues possibles pour *target*
    - Une valeur typée : c'est l'objet
    - Une référence (ex : adresse) => l'objet est localisé
    - Un autre nom (dans un autre contexte) => on rappelle *resolve*
- **Lier un nom**
  - À partir du nom, construire une chaîne d'accès à l'objet
  - Rappel : en réparti, résolution ≠ liaison !
    - Exemple : une référence (adresse IP, n° de porte) ne suffit pas pour accéder à l'objet

Liaison en réparti : exemple

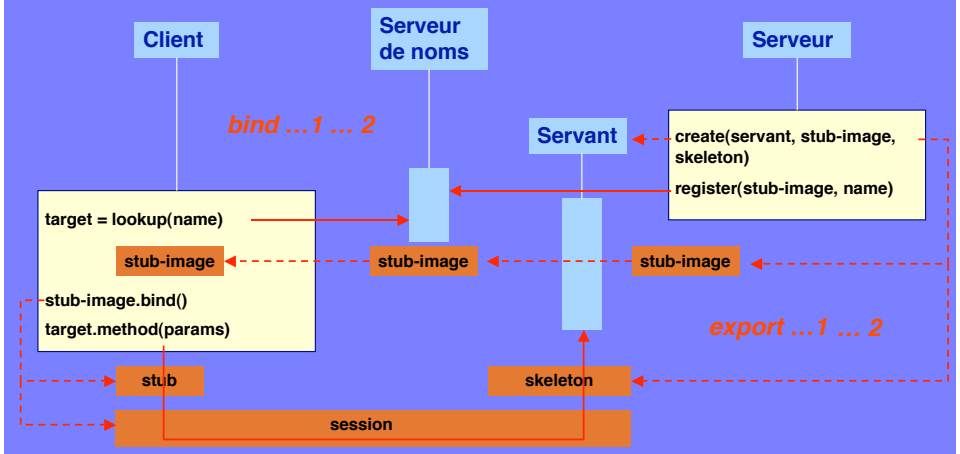
- ***sockets***



Un patron pour la liaison répartie

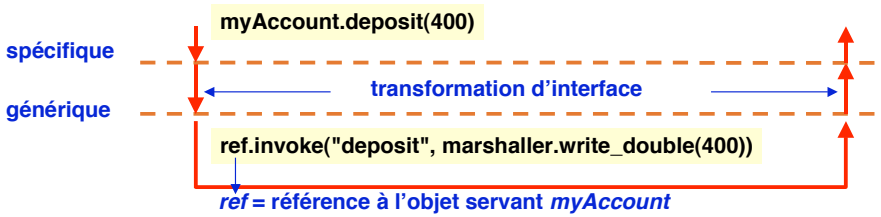
- La liaison est établie en 2 phases
- Côté serveur (*export*)
  - "publication" de l'objet à lier (identification)
  - préparation de certains éléments de la liaison
- Côté client (*bind*)
  - établissement de la liaison par création et assemblage des constituants de l'objet de liaison
- Exemple
  - La connexion par sockets peut être décrite en ces termes
    - *accept* = *export*
    - *connect* = *bind*

Liaison dans un ORB (1)

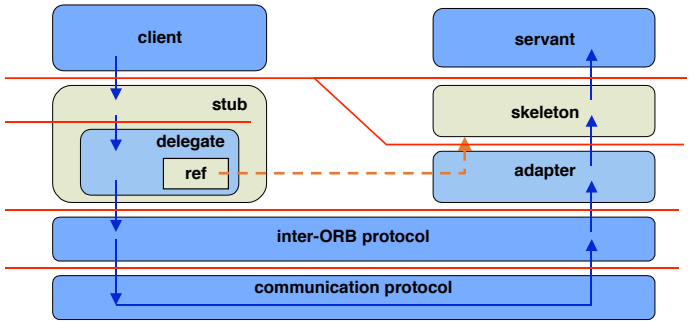


Structure d'un appel distant (1)

- L'interface "de bout en bout" est spécifique
  - Interface d'un objet défini par l'application
  - Exprimée dans un IDL, pour faciliter la portabilité
- Les interfaces intermédiaires (internes à l'ORB) ont intérêt à être génériques
  - Pour faciliter les échanges de composants d'ORB
  - Pour faciliter l'interopérabilité entre ORBs



Structure d'un ORB



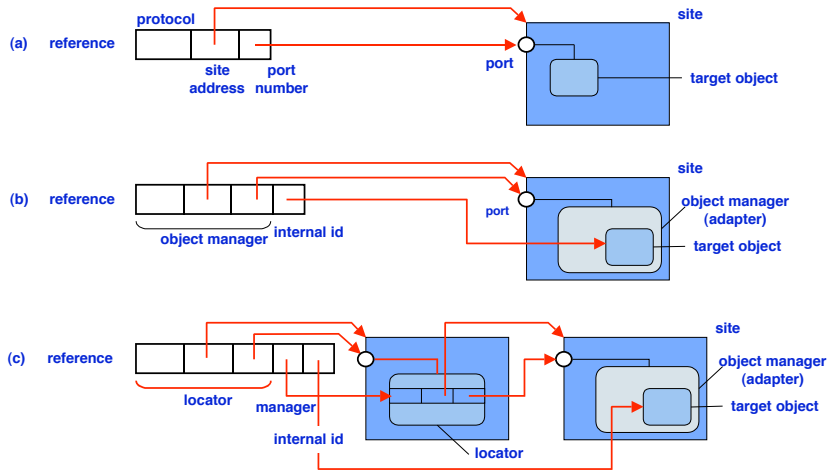
Fonctions de l'adaptateur

- **Gestion des objets servants**
  - Référentiel des implémentations dans CORBA
- **Gestion des références d'objets**
  - Créer une référence pour un objet (à la création de l'objet)
  - Trouver un objet, connaissant sa référence
- **Gestion des activités côté serveur**
  - Activer un objet (lui associer un *thread* pour son exécution)
- **Exemple : le POA (*Portable Object Adapter*) de CORBA (OMG)**
  - Permet d'isoler les politiques de gestion d'objets
    - Persistance, politique d'activation, format de références, etc.

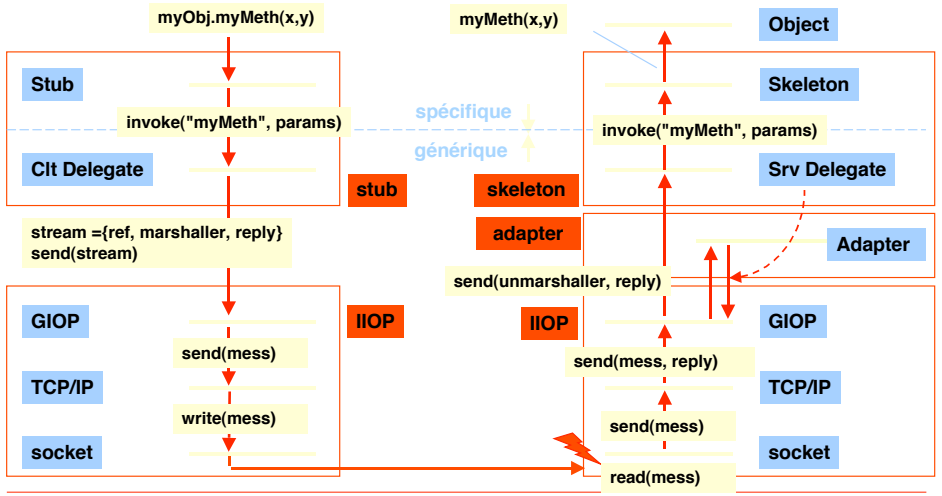
Une interface générique pour les ORB

- **GIOP : *General Inter-ORB Protocol***
  - Définit une interface et un protocole générique pour l'appel d'objets distants sur une couche de transport
    - Représentation commune de données (*Common Data Representation*, CDR)
    - Format standard de référence d'objet (*Interoperable Object Reference*, IOR)
    - Format des messages
    - Contraintes sur la couche de transport
- **IIOP : *Internet Inter-ORB Protocol***
  - La réalisation "standard" de GIOP
    - GIOP sur TCP/IP

Format d'une référence



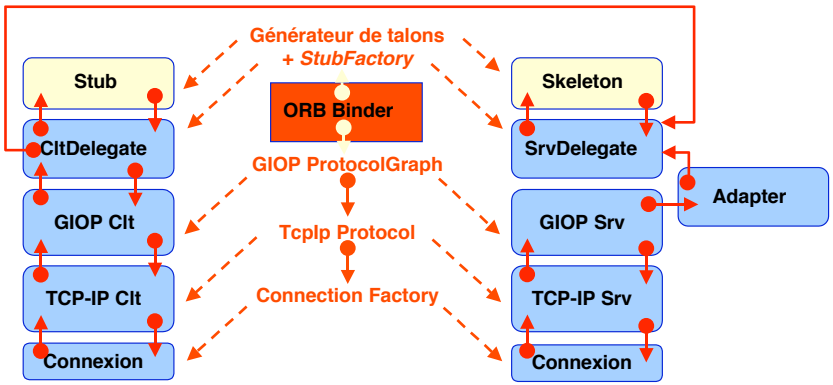
Structure d'un appel distant (2)



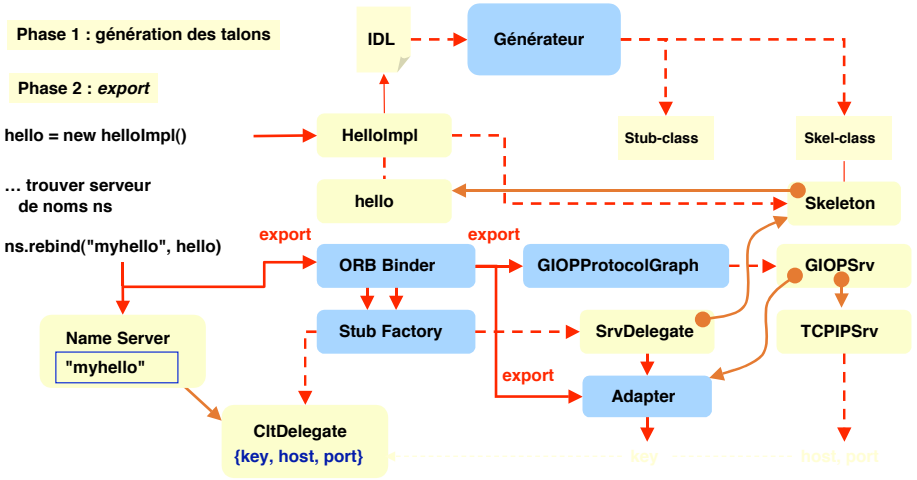
Liaison dans un ORB (2)

Construction de la chaîne de liaison : ensemble de “fabriques de liaison” utilisant *export-bind*

Les objets à construire :

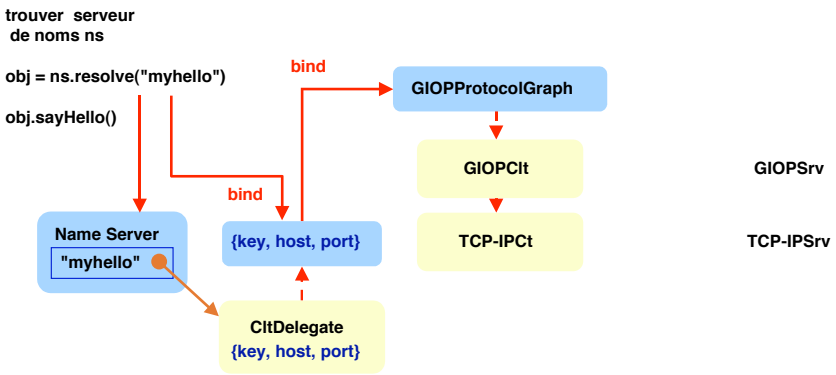


Liaison dans un ORB (3)

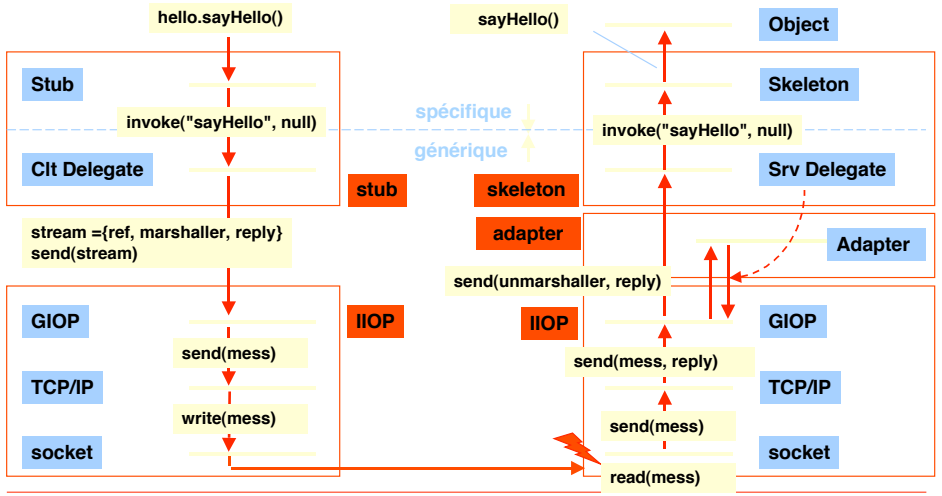


Liaison dans un ORB (4)

Phase 3 : *bind*



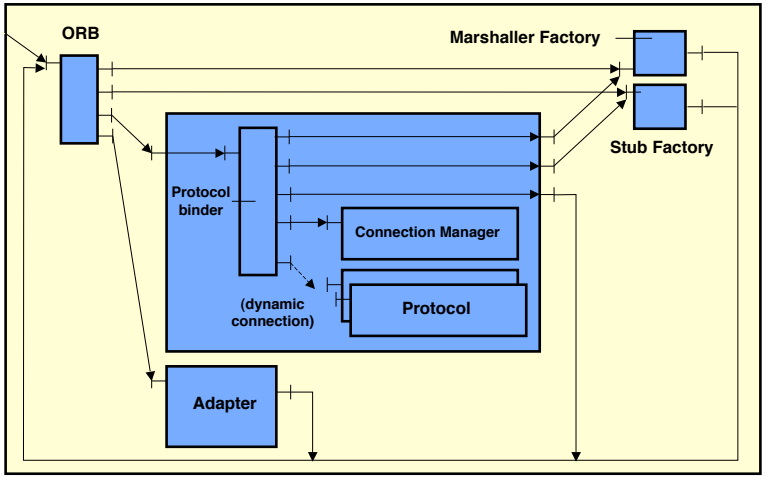
Liaison dans un ORB (5)



Un canevas commun pour la construction d'ORB (1)

- Source : Jonathan (www.objectweb.org/jonathan)
- Objectif : fournir une base commune pour construire des ORB, à partir d'un canevas modulaire et paramétrable
- Motivation : mécanismes uniformes et ouverts, souplesse, facilité d'évolution par remplacement de parties des canevas
- Utilise systématiquement les patrons de base :
  - *Factory*
  - *Pool* de ressources (activités, mémoire, communication)
  - *export-bind* (fabriques de liaison)
  - Configuration (non vu ici)
- Exemples de mise en œuvre
  - Java RMI, CORBA, persistance (JORM), composants répartis (Julia)

Un canevas commun pour la construction d'ORB (2)



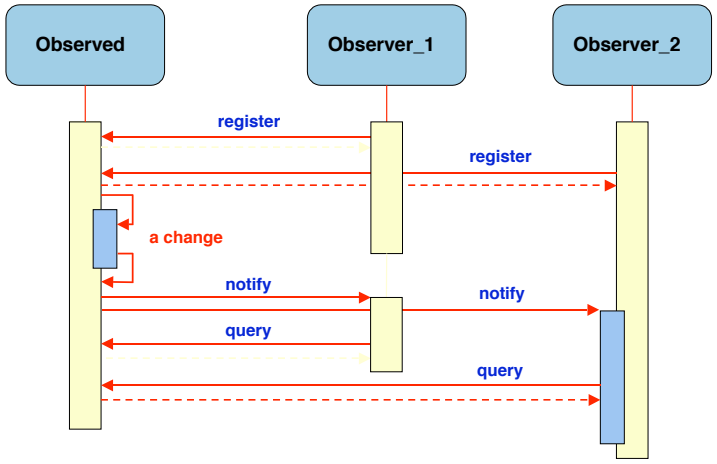
Coordination

- **Définitions**
  - Méthodes et outils permettant à un ensemble d'entités de coopérer à une tâche commune
  - Modèle de coordination, définit :
    - les entités coopérantes (processus, activités, "agents", …)
    - le support (médium) de coordination : véhicule de l'interaction
    - les règles de coordination : primitives, patrons d'interaction
- **Domaine d'application**
  - Couplage faible (évolution indépendante des entités)
  - Structure très dynamique (les entités peuvent rejoindre/quitter le système à tout instant)
  - Hétérogénéité (système, environnement, administration)
  - Condition requise : capacité de croissance

Observer, patron de base pour la coordination

- **Contexte**
  - Des objets "observés", dont l'état (visible) évolue au cours du temps
  - Des objets "observateurs"
- **Problème**
  - Permettre aux observateurs d'être informés de l'évolution des objets observés
  - Propriétés souhaitables
    - Requérir un effort minimal de la part des observateurs
    - Garantir l'indépendance mutuelle des observateurs
    - Permettre l'évolution dynamique (arrivée-départ des observateurs et observés)
  - Contraintes
    - Passage à l'échelle
- **Solution**
  - Les observateurs enregistrent leur intérêt auprès des observés
  - Les observés notifient aux observateurs enregistrés les événements pertinents, de manière asynchrone

Observer



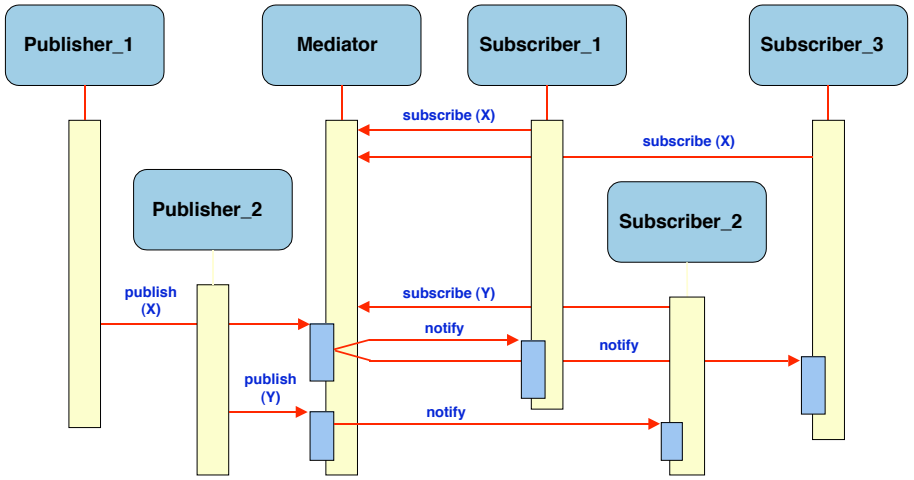
Autres patrons pour la coordination

- **Les limitations de *Observer*…**
  - Forte charge sur les objets observés (gèrent les observateurs et répondent aux consultations)
  - Manque de sélectivité du schéma notification-consultation (l'observateur reçoit toutes les notifications de changement)
- **… et deux réponses**
  - *Publish-Subscribe*
    - Deux "rôles" : abonné (*subscriber*) et émetteur (*publisher*)
    - Une entité d'intermédiation (médiateur)
    - Abonnement par sujet ou par contenu
  - Espace partagé
    - Le médium de coordination est un ensemble de tuples
    - Opérations : déposer, consulter avec filtrage (destructivement ou non)

Publish/Subscribe

- **Contexte**
  - Ensemble d'entités devant se coordonner par émission d'événements et réaction à ces événements (autre formulation de *Observer*)
- **Problème**
  - Propriétés souhaitables
    - Comme *Observer* (indépendance, évolution dynamique)
    - Pas de rôle prédéfini
    - Sélectivité sur la nature des événements
  - Contraintes
    - Passage à l'échelle
    - Propriétés diverses : tolérance aux fautes, transactions, persistance, ordre
- **Solution**
  - Deux "rôles" : abonné (*subscriber*) et émetteur (*publisher*)
  - Une entité d'intermédiation (médiateur)
  - Abonnement par sujet (statique) ou par contenu (dynamique)

Publish/Subscribe



Coordination : réalisations

- *Message-Oriented Middleware* (MoM)
  - Regroupe *Publish-Subscribe* et *Message Queues*
  - Abonnement par sujet : nombreuses réalisations industrielles
    - Tibco, Websphere, … ScalAgent (JORAM) -> cf. atelier
    - Un standard pour l'interface : JMS (*Java Messaging System*)
  - Abonnement par contenu : prototypes de recherche
    - Gryphon (IBM Research)
    - Siena (Univ. Colorado)
- Espace partagé
  - Modèle : Linda (espace de tuples), projection dans divers langages
  - Réalisation : Jini (Sun)
    - Utilisation : découverte de ressources

La bibliographie

- Deux types de références
  - Références de base (souvent livres, parfois revues), relativement stables
  - Articles de recherche : avancées récentes, durée de vie en général plus limitée
  - La bibliographie contient les deux types de références
  - Le cours utilise en majorité (pas seulement) les références de base…
  - … donc lire aussi les articles de recherche, selon votre intérêt spécifique
- Divers degrés de pertinence
  - On ne peut pas tout lire…
  - … donc classement sélectif